

Daniela Fagundes de Sousa

Licenciada em Ciências da Engenharia Química e Bioquímica



Estudo da variabilidade dos pesos na linha das tortas da *Dan Cake*

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Química e Bioquímica

Orientadora: Eng^a. Luísa Henriques, *Dan Cake* (Portugal)
S.A.

Coorientador: Prof. Dr. Mário Eusébio, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Susana Filipe Barreiros

Arguente: Prof. Doutora Isabel Maria Rôla Coelho

Vogal: Prof. Doutor Mário Fernando José Eusébio



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2017

Daniela Fagundes de Sousa

Licenciada em Ciências da Engenharia Química e Bioquímica

**Estudo da variabilidade dos pesos na
linha das tortas da *Dan Cake***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Química e Bioquímica

Orientadora: Eng^a. Luísa Henriques, *Dan Cake* (Portugal)
S.A.

Coorientador: Prof. Dr. Mário Eusébio, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Susana Filipe Barreiros

Arguente: Prof. Doutora Isabel Maria Rôla Coelho

Vogal: Prof. Doutor Mário Fernando José Eusébio

Universidade Nova de Lisboa

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Química

Setembro, 2017

Estudo da variabilidade dos pesos na linha das tortas da *Dan Cake*

Copyright © Daniela Fagundes de Sousa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais...

Agradecimentos

Nesta dissertação quero deixar aqui expresso o meu agradecimento e reconhecimento a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, Professor Mário Eusébio, pela oportunidade da realização desta dissertação. Agradeço por toda a disponibilidade dispensada e por todos os conhecimentos transmitidos.

Em segundo lugar agradeço à *Dan Cake* S.A. (Portugal) por ter permitido a realização deste trabalho na empresa e a todos os funcionários pelo acolhimento prestado ao longo do estágio, pela transmissão de conhecimentos das linhas de produção, pela disponibilidade para esclarecer todas as minhas questões e pela ajuda na realização do presente trabalho.

À Engenheira Luísa Henriques, minha orientadora na *Dan Cake*, pela disponibilidade demonstrada e pelo esclarecimento das minhas dúvidas.

À Carla Gonçalves pelo acompanhamento que me deu na empresa e pela transmissão de conhecimentos em relação à linha de produção de tortas.

Por último, aos meus pais pelo constante apoio e paciência nesta etapa da minha vida.

A todos, o meu sincero agradecimento!

Resumo

O objetivo deste projeto é estudar a variabilidade dos pesos, à saída do forno, da linha das tortas da *Dan Cake*, empresa que opera na indústria *bakery* e que funcionou como caso de estudo, e implementar ações de melhoria para reduzir essa variabilidade.

A presente dissertação insere-se num projeto de melhoria contínua para a diminuição do sobrepeso e desperdício da linha, pelo que foi aplicada a metodologia DMAIC para estudar o problema apresentado. A DMAIC é um método de etapas usado para elaborar projetos de melhoria, pois ajuda a reduzir a variabilidade.

Através dos resultados obtidos, concluiu-se que o processo não se encontra sob controlo estatístico uma vez que falhou os pressupostos de aleatoriedade.

Foram investigadas as causas que poderiam estar a influenciar a variabilidade dos pesos, sendo estes: máquina de incorporação de ar, posição dos pistões na régua depositadora, quantidade de óleo na tela, viscosidade, densidade e temperatura da massa, temperatura da massa nas paragens, temperatura da água e tempos de descarga dos ingredientes. Conclui-se que, os parâmetros que mais influenciam são a posição dos pistões, a quantidade de óleo e a máquina de incorporação de ar.

Foram executadas melhorias para diminuir a variação que estas causas atribuíam ao processo. Implementou-se uma ação corretiva na folha de controlo dos pesos da massa à saída do forno para indicar como fazer os ajustes dos pistões da régua depositadora. Também foram implementadas pequenas melhorias como a numeração dos pistões e a colocação de um suporte para definir uma posição fixa da régua depositadora, assim como foi elaborada uma instrução para a limpeza do filtro do óleo e uma atualização das velocidades de bomba. Desenvolveu-se um método para a medição da viscosidade das massas, através do tempo de escoamento destas.

Concluiu-se que, após as ações de melhoria implementadas, a linha de produção de tortas ainda tem muita variabilidade associada, sendo que é necessário implementar algumas das propostas sugeridas e novas ideias para se obterem resultados significativos.

Palavras-chave: melhoria contínua, variabilidade, sobrepeso, DMAIC, controlo estatístico

Abstract

The aim of this project is to study the variability of the sponge cake weights, at the exit of the oven, in the swiss roll line of production of Dan Cake, company that operates in the bakery industry and worked as the case study, and to implement improvement measures to reduce this variability.

The present dissertation is inserted in a project of continuous improvement to decrease the overweight and waste of the line of production, whereby it was applied the DMAIC methodology to study the problem presented. DMAIC is a step-by-step method used to elaborate continuous improvement projects, as it helps to reduce variability.

From the results obtained, it can be concluded that the process was not under statistical control because it failed the tests of randomness.

It was investigated the causes that could be influencing the variability of the sponge cake weights, being: air mixer, position of the pistons on the depositor of batter, quantity of oil in the screen, viscosity, density and temperature of the batter, temperature of the batter on stops, temperature of water and discharge times of the ingredients. It was concluded that the causes that most influence are: the position of the pistons, the amount of oil and air mixer.

Improvements were made to decrease the variability that this causes attributed to the process. It was implemented a corrective action in the control of sponge cake weights document, that is situated at the exit of the oven, to indicate how to adjust the pistons of the depositor of batter. It was also implemented small improvements like the numbering of the pistons and the placing of a prop to stipulate a position of the batter depositor, also it was elaborated an instruction to clean the filter of the oil deposit and an update of the pump velocities. A method to measure the viscosities of the batter was developed, through the funnel flowability.

It was concluded that, after the improvement measures implemented, the line of production of Swiss rolls still has a lot of variability associated, and it is necessary to implement some of the suggested proposals to improve the process and new ideas to obtain more significant results.

Keywords: continuous improvement, variability, overweight, DMAIC, SPC

Índice

1. Enquadramento e Motivação.....	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Metodologia	2
1.3. Estrutura da Dissertação.....	3
2. Introdução.....	5
2.1. Qualidade na indústria alimentar	5
2.1.1. Variabilidade do Processo.....	6
2.2. Filosofias de melhoria contínua.....	6
2.2.1. Filosofia Seis Sigma	7
2.3. Ferramentas de outras filosofias	20
2.3.1. Gemba Walk	20
2.3.2. Controlo Visual	21
2.3.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE) – Eficácia Global do Equipamento	22
2.4. Controlo estatístico do processo (SPC)	24
2.4.1. Abordagem tradicional das cartas de controlo	24
2.4.2. Capacidade de processos.....	35
3. Caso de estudo.....	39
3.1. Dan Cake.....	39
3.2. Linha 4	40
3.2.1. Descrição do produto.....	40
3.2.2. Processo de fabrico.....	42
3.2.3. Controlos da Linha	47
3.3. Melhoria Contínua na Dan Cake.....	57
3.3.1. Overall Equipment Effectiveness (OEE), Sobrepeso e Desperdício.....	58
3.4. Problemática em estudo	60
4. Materiais e Métodos	63
4.1. Métodos Práticos	63

4.1.1.	Método 1 – Pesagem das “bolachas” nos cortes retangulares	63
4.1.2.	Método 2 – Densidade da massa	64
4.1.3.	Método 3 – Viscosidade da massa.....	65
4.2.	Métodos estatísticos	66
4.2.1.	Método 4 – Construção de cartas X e MR	66
5.	Resultados e discussão.....	69
5.1.	Gemba Walk.....	69
5.2.	Sobrepeso	69
5.3.	Definir.....	71
5.4.	Medir	73
5.4.1.	Início da Recolha de amostras.....	73
5.4.2.	Cartas de Controlo.....	76
5.4.3.	Capacidade do processo.....	85
5.5.	Analisar	88
5.5.1.	Equipamentos.....	90
5.5.2.	Matéria-Prima	100
5.5.3.	Meio Ambiente	111
5.5.4.	Tempos de descarga	115
5.6.	Melhorar.....	119
5.6.1.	Propostas de Melhoria	119
5.6.2.	Implementações.....	121
5.6.3.	Estado atual do sobrepeso	126
5.7.	Controlar	127
6.	Conclusões e propostas de trabalho futuro.....	129
	Referências Bibliográficas.....	133
	Anexo I.....	137
	Anexo II	141
	Anexo III.....	173

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Distribuição Normal com μ deslocada por $\pm 1,5\sigma$ do T (target)	8
Figura 2.2 - Metodologias utilizadas no Seis Sigma	9
Figura 2.3 – Estratégia de Melhoria	10
Figura 2.4 - Fluxograma do processo DMAIC e DMADV	13
Figura 2.5 – Ferramentas utilizadas em cada uma das fases do ciclo da DMAIC	14
Figura 2.6 – Exemplo de um fluxograma de indústria alimentar	15
Figura 2.7 - Exemplo de um diagrama de Ishikawa de indústria alimentar	17
Figura 2.8 - Esquema dos cinco porquês	20
Figura 2.9 – Exemplo de Carta de Controlo	26
Figura 2.10 – Etapas a seguir para cada fase.	27
Figura 2.11 - Regras para a deteção de causas especiais	30
Figura 3.1 - Dan Cake – Fábrica na Póvoa de Santa Iria	39
Figura 3.2 – Batedeira (esquerda) e misturadora do ar (direita)	42
Figura 3.3 - Depósito de Massa sobre a Tela (régua depositadora)	43
Figura 3.4 – Fluxograma resumo do processo de produção da linha 4	45
Figura 3.5 - Fluxograma resumo do processo de produção da linha 4 (continuação)	46
Figura 3.6 - Layout da Linha 4. Legenda: A – Zona das Massas; B – Zona de Cozedura; C – Zona dos Recheios; D – Zona de Embalamento; E – Zona de Indicadores.	48
Figura 3.7 - Regulador do ar – medidor de fluxo	49
Figura 3.8 – Ajuste dos pistões	50
Figura 3.9 - Visores das temperaturas dos queimadores e ajuda visual	51
Figura 3.10 - Massa à saída do forno	51
Figura 3.11 - Painel de Controlo – ajuste da velocidade da bomba	52
Figura 3.12 – Custo adicional da OEE, sobre peso e desperdício do 1.º Semestre de 2016	58
Figura 3.13 – Custo adicional em percentagem no 1.º trimestre de 2016	59
Figura 4.1 – Demonstração dos cortes na massa	64
Figura 4.2 – Método 2 – medição da densidade	65
Figura 4.3 – Método 3 - Enchimento do funil	66
Figura 5.1 - Resultados do sobre peso para os meses de abril e maio	70
Figura 5.2 - Carta de observações individuais e amplitude móvel da característica AE, AC e AD	77
Figura 5.3 - Carta de observações individuais e amplitude móvel da característica AE, AC e AD sem os pontos fora de controlo	78
Figura 5.4 - Gráficos de teste de padrões para as características AE, AC e AD	81
Figura 5.5 - Testes de Normalidade para as características AE, AC e AD	83
Figura 5.6 - Relatórios da capacidade do processo das características AE, AC e AD	86
Figura 5.7 – Diagrama de Ishikawa do processo	89
Figura 5.8 – Esquema da régua depositadora	90
Figura 5.9 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições no produto A	92
Figura 5.10 - Gráfico de intervalos com 4 amostras para os lados esquerdo, centro e direito	93
Figura 5.11 – Rosca que fixa a posição da régua	95
Figura 5.12 – Resultado do desvio da posição da régua	96
Figura 5.13 – Espalhamento do óleo desmoldante	96

Figura 5.14 – Oscilação na largura da fita.....	97
Figura 5.15 – Massa raspada e massa nas condições normais.....	97
Figura 5.16 - Depósito de óleo	98
Figura 5.17 – Misturadora de ar	99
Figura 5.18 – Transição do peso de massa branca para escura.....	100
Figura 5.19 - Transição do peso de massa branca para escura com o peso das “bolachas”	101
Figura 5.20 - Problema da medição da viscosidade da massa baunilha Dan Cake.....	102
Figura 5.21 – Tempos de escoamento médios dos dados de cada massa.....	103
Figura 5.22 – Temperatura da massa baunilha Dan Cake na bateadeira e sua respetiva densidade	106
Figura 5.23 - Temperatura da massa baunilha marca própria na bateadeira e sua respetiva densidade	106
Figura 5.24 - Temperatura da massa cacau Dan Cake na bateadeira e sua respetiva densidade .	107
Figura 5.25 - Temperatura da massa cacau marca própria na bateadeira e sua respetiva densidade	107
Figura 5.26 – Dispersão da densidade da massa baunilha Dan Cake de janeiro a agosto	109
Figura 5.28 - Dispersão da densidade da massa baunilha marca própria de janeiro a agosto ...	109
Figura 5.29 – Dispersão da densidade da massa cacau Dan Cake de janeiro a agosto	110
Figura 5.30 - Dispersão da densidade da massa cacau marca própria de janeiro a agosto	110
Figura 5.30 – Diferenças entre a temperatura do depósito intermédio e temperatura da massa na bateadeira	112
Figura 5.31 – Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de baunilha Dan Cake.....	114
Figura 5.32 - Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de baunilha marca própria.....	114
Figura 5.33 - Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de cacau Dan Cake	114
Figura 5.34 - Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de cacau marca própria	115
Figura 5.35 - Controlo dos tempos de descarga e densidades na linha 4 no dia 21 de agosto para a massa cacau marca própria	116
Figura 5.36 - Controlo dos tempos de descarga e densidades na linha 4 no dia 24 de agosto para a massa baunilha Dan Cake	116
Figura 5.37 - Controlo dos tempos de descarga e densidades na linha 4 no dia 25 de agosto para a massa baunilha marca própria.....	117
Figura 5.38 - Radar com as causas estudadas.....	118
Figura 5.39 - Cinco porquês para problema de ajuste dos pistões	119
Figura 5.40 - Cinco porquês para o problema da densidade fora dos limites de especificação.	120
Figura 5.41 – Antes e depois dos pistões da régua depositadora	122
Figura 5.42 – Antes e depois da colocação do suporte	124
Figura 5.43 – Local onde foi colocada a Instrução da limpeza do filtro de óleo	125
Figura 5.44 – Alteração efetuada nos tempos de batimento.....	125
Figura 5.45 – Sobre peso atual entre os dias de junho a agosto.....	127
Figura I.1 – Folheto Gemba Walk elaborado	139
Figura I.2 - Folheto Gemba Walk elaborado (continuação)	140
Figura II.1 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE, BC e BD.....	149

Figura II.2 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE e BC com a eliminação dos pontos fora de controlo	150
Figura II.3 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características DE, DC e DD.....	151
Figura II.4 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel da característica DC e DD com a eliminação dos pontos fora de controlo.....	152
Figura II.5 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características FE, FC e FD	153
Figura II.6 - Carta de observações individuais e amplitude móvel da característica FC com a eliminação dos pontos fora de controlo.....	154
Figura II.7 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD.....	155
Figura II.8 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD com a eliminação dos pontos fora de controlo	156
Figura II.9 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características IE, IC e ID	157
Figura II.10 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características IE, IC e ID com a eliminação dos pontos fora de controlo	158
Figura II.11 - Gráficos de teste de padrões para as características BE, BC e BD.....	159
Figura II.12 – Testes de padrões para as características DE, DC e DD	160
Figura II.13 – Testes de padrões para as características FE, FC e FC	161
Figura II.14 – Testes de padrões para as características HE, HC e HD	162
Figura II.15 – Testes de padrões para as características IE, IC e ID.....	163
Figura II.16 - Teste de Normalidade para as características BE, BC e BD	164
Figura II.17 - Teste de Normalidade para a características DE, DC e DD.....	165
Figura II.18 - Teste de Normalidade para as características FE, FC e FD	166
Figura II.19 - Teste de Normalidade para as características HE, HC e HD	167
Figura II.20 – Teste de Normalidade para as características IE, IC e ID	168
Figura II.21 - Relatórios de capacidade para as características BE, BC e BD	169
Figura II.22 - Relatórios de capacidade para as características DE, DC e DD.....	169
Figura II.23 - Relatórios de capacidade para as características FE, FC e FD.....	170
Figura II.24 - Relatórios de capacidade para as características HE, HC e HD.....	170
Figura II.25 - Relatórios de capacidade para as características IE, IC e ID	171
Figura III.1 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições do produto B.....	182
Figura III.2 - Gráficos de intervalos para os lados esquerdo, centro e direito da massa com 4 amostras do produto B	183
Figura III.3 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições do produto D	186
Figura III.4 - Gráficos de intervalos para os lados esquerdo, centro e direito da massa com 4 amostras do produto D	187
Figura III.5 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições do produto I.....	190
Figura III.6 - Gráficos de intervalos para os lados esquerdo, centro e direito da massa com 4 amostras do produto I.....	191
Figura III.7 - Tempo de escoamento da massa de baunilha da Dan Cake e a respetiva temperatura	194
Figura III.8 - Tempo de escoamento da massa de cacau da Dan Cake e a respetiva temperatura	194

Figura III.9 - Tempo de escoamento da massa de baunilha marca própria e a respetiva temperatura	195
Figura III.10 - Tempo de escoamento da massa de cacau marca própria e a respetiva temperatura	195

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Níveis de Sigma e DPMO (métrica tradicional).....	8
Tabela 2.2 - Níveis de Sigma e DPMO tendo em conta um deslocamento de $\pm 1,5$ Sigma.....	8
Tabela 2.3 – Seis grandes perdas	22
Tabela 2.4 – Ferramentas utilizadas no decorrer desta dissertação	24
Tabela 2.5 – Fontes de variação	25
Tabela 2.6 – Regras para a deteção de causas especiais.....	29
Tabela 2.7 – Tipos de cartas de controlo.....	31
Tabela 2.8- Estimadores dos parâmetros do processo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel	33
Tabela 2.9 – Índices de Capacidade para distribuição Normal.....	37
Tabela 3.1 - Tipos de tortas produzidas na Dan Cake.....	41
Tabela 3.2 – Posição dos pistões	50
Tabela 3.3 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona A.....	53
Tabela 3.4 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona B	54
Tabela 3.5 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona C	55
Tabela 3.6 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona C (continuação)	56
Tabela 3.7 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona D.....	57
Tabela 3.8 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona E	57
Tabela 3.9 – Contribuição em percentagem de cada constituinte de uma torta.....	60
Tabela 5.1 – Carta do projeto	72
Tabela 5.2 – Produtos da linha 4.....	74
Tabela 5.3 – Nomenclatura das características da Qualidade estudadas	75
Tabela 5.4 - Número de dados recolhidos por produto	76
Tabela 5.5 – Pontos fora do intervalo na primeira análise às cartas X e MR das características AE, AC e AD.....	77
Tabela 5.6 – Limites de controlo para as características AE, AC e AD.....	78
Tabela 5.7 – Número de dados final para as características de todos os produtos.....	79
Tabela 5.8 - Resumo dos limites de controlo para as cartas X e MR de todas as características em estudo	80
Tabela 5.9 – Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto A	82
Tabela 5.10 – Valores de probabilidade para o teste de Normalidade do produto A.....	83
Tabela 5.11 – Tabela resumo dos resultados	84
Tabela 5.12 – Resumo dos índices de capacidade e desempenho global esperado dos processos correspondentes às características em estudo	87
Tabela 5.13 - Resultados dos testes de hipótese para os produtos A, B, D e I e para os 3 lados da massa.....	94
Tabela 5.14 – Resumo dos resultados de tempo de escoamento e temperatura das massas.....	103
Tabela 5.15 – Comparação dos ingredientes significativos nas receitas das massas	104
Tabela 5.16 – Quantidade de dados recolhidos para cada massa.....	108
Tabela 5.17 - Média das densidades para cada massa.....	111
Tabela 5.18 – Ação Corretiva implementada	123
Tabela I.1 - Características de algum material	138
Tabela II.1 - Dados do produto A fase medir	143

Tabela II.2 - Dados do produto A fase medir (continuação)	144
Tabela II.3 - Dados do produto B fase medir	144
Tabela II.4 - Dados do produto D fase medir	144
Tabela II.5 - Dados do produto D fase medir (continuação)	145
Tabela II.6 - Dados do produto D fase medir (continuação II).....	146
Tabela II.7 - Dados do produto F fase medir.....	146
Tabela II.8 - Dados do produto H fase medir	146
Tabela II.9 - Dados do produto H fase medir (continuação)	147
Tabela II.10 - Dados do produto I fase medir.....	147
Tabela II.11 - Dados do produto I fase medir (continuação).....	148
Tabela II.12 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE, BC e BD e pontos fora desses limites	149
Tabela II.13 – Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE, BC e BD	150
Tabela II.14 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características DE, DC e DD e pontos fora desses limites	151
Tabela II.15 - Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características DE, DC e DD	152
Tabela II.16 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características FE, FC e FD e pontos fora desses limites	153
Tabela II.17 - Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características FE, FC e FD	154
Tabela II.18 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD e pontos fora desses limites	155
Tabela II.19 - Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD	156
Tabela II.20 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características IE, IC e ID e pontos fora desses limites	157
Tabela II.21 - Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD	158
Tabela II.22 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto B	159
Tabela II.23 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto D	160
Tabela II.24 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto F	161
Tabela II.25 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto H	162
Tabela II.26 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto I.....	163
Tabela II.27 – Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto B	164
Tabela II.28 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto D	165
Tabela II.29 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto F	166
Tabela II.30 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto H	167
Tabela II.31 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto I.....	168
Tabela III.1 – Dados recolhidos do produto A de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição	175

Tabela III.2 - Dados recolhidos do produto B de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição	176
Tabela III.3 - Dados recolhidos do produto D de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição	177
Tabela III.4 - Dados recolhidos do produto I de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição	178

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

SPC – *Statistical Process Control* – Controlo estatístico do processo

DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

σ (sigma) – desvio-padrão

DPMO – Defeitos por milhão de oportunidades

Ppm – Partes por milhão

DMADV – *Define, Measure, Analyse, Design, Verify*

ANOVA - *Analysis of Variance* – Análise de variância

VOC – *Voice of the Customer* – Voz do cliente

SIPOC - *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers* -

DOE – *Design of Experiments* – Desenho de Experiências

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* - Análise de Modos de Falhas e Efeitos

OEE - *Overall Equipment Effectiveness* – Eficácia Global do Equipamento

LSC - Limite Superior de Controlo

LIC - Limite Inferior de Controlo

LC – Linha Central

μ – Média

PCC - Pontos Críticos de Controlo

LIE - Limite Inferior de Especificação

LSE - Limite Superior de Especificação

1. Enquadramento e Motivação

A *Dan Cake* (Portugal) S.A. é uma empresa do setor alimentar com uma sólida experiência na indústria de *bakery* em Portugal. É uma empresa que tem um amplo portefólio de produtos, desde biscoitos, bolachas, tostas, bolos a outros produtos de pastelaria, que abrange tanto o mercado nacional e internacional.

O presente projeto enquadra-se no estudo da variabilidade de pesos na linha das tortas da *Dan Cake*, mais especificamente, à saída do forno, uma vez que se tem observado uma constante alteração dos pesos fora dos limites de especificação.

A indústria alimentar é caracterizada pela variabilidade dos seus produtos, uma vez que neste contexto, não é possível produtos sempre com as mesmas características, pois dependem sempre da variabilidade das matérias-primas. Esta variação no produto, resulta, por vezes, num aumento do desperdício, e consequentemente existe um aumento dos custos associados. É importante referir que, comparando com outras indústrias, não é crítico existir variação do produto na indústria alimentar, não é crítico para o cliente obter, por exemplo, uma torta com peso a mais, mas para a empresa existe um maior gasto na quantidade de massa. Trabalhar com processos centrados e abaixo dos limites de especificação é importante para as empresas do setor alimentar pois, como trabalham com margens reduzidas, qualquer ganho nessas margens é bom.

Normalmente, para combater esta variabilidade, o controlo da qualidade é, feito através de inspeções em vários pontos do processo, mas existindo apenas uma inspeção ao produto, só é possível detetar não conformidades e variações na linha de produção já demasiado tarde no processo para serem resolvidos. Portanto, estas inspeções apenas dão informação da existência de produtos não-conformes (ou conformes) e não dão informação do que está a provocar a variabilidade. A utilização de metodologias, como a DMAIC, são uma maneira de reduzir significativamente a variabilidade nos processos de uma empresa, uma vez que utiliza uma panóplia de ferramentas que são essenciais para uma implementação bem-sucedida de melhorias nos processos. Uma destas ferramentas é Controlo Estatístico do Processo (SPC), que tem uma maior vantagem sobre as inspeções, uma vez que investiga a variabilidade de modo a prevenir que produtos não conformes existam cedo no processo e, com isto, atingir uma estabilização, podendo assim construir-se também cartas de controlo do produto (Lim et al., 2014) (Noorwali, 2016) (Domingues, 2013).

1.1. Objetivos

Esta dissertação insere-se no estudo da variação de pesos da linha das tortas da *Dan Cake*. Esta linha pode produzir diferentes tipos de tortas enroladas recheadas consoante a receita a ser produzida.

A linha pode ser dividida em quatro zonas: massas, cozedura, recheio e embalamento; em cada zona é efetuado um tipo de controlo para verificar se o produto inacabado se encontra dentro dos limites especificados. Este projeto insere-se nas zonas das massas e cozedura, mais especificamente, no controlo de pesos à saída do forno.

O objetivo deste projeto é estudar a variabilidade do processo de produção de tortas com a ajuda da metodologia DMAIC e identificar as causas que estão a afetar a variação dos pesos das tortas e, se fosse possível, a implementar de ações de melhoria, dando continuação aos trabalhos já iniciados desde final do ano passado.

Inicialmente, será efetuada uma revisão bibliográfica para maior conhecimento da metodologia DMAIC e a aplicação das ferramentas associadas.

Seguidamente, para dar início aos trabalhos associados à linha das tortas, serão recolhidas informações junto das máquinas e operadores, para perceber as dificuldades, as falhas e as más práticas. Serão recolhidas amostras de peso de massa à saída do forno e serão analisados os dados em termos estatísticos, ou seja, serão averiguados se os dados seguem os pressupostos de normalidade e aleatoriedade, para verificar se o processo de encontra sob controlo estatístico, e ainda, será medida a capacidade do processo.

Um dos objetivos deste estudo é perceber quais são as causas que contribuem com variação para o processo e atuar nelas para reduzir esta variação.

Em conjunto com os técnicos da qualidade, serão analisados os resultados dos dados obtidos e serão idealizadas propostas de melhoria. As propostas mais fáceis de implementar serão impostas no processo e será acompanhada a evolução destas e sua eficácia.

1.2. Metodologia

A metodologia utilizada para a elaboração desta dissertação é a metodologia DMAIC. Esta tem como objetivo reduzir a variabilidade de um processo. Com esta metodologia é identificada uma oportunidade de melhoria e são selecionados projetos para elaborar as melhorias

necessárias. Esta metodologia passa pela elaboração dos seguintes passos: definir (*define*), medir (*measure*), analisar (*analyse*), melhorar (*improve*) e controlar (*control*), sendo que em cada passo foram utilizadas ferramentas de qualidade (Bass, 2007).

- Definir: foi encontrada uma oportunidade de melhoria relativa à variabilidade dos pesos na linha das tortas, relacionado com a régua depositadora. Desta forma, fez-se um acompanhamento da linha para se estudar e detetar problemas relacionados com a produção. Depois de algum conhecimento, elaborou-se uma carta de projeto para definir o problema, estabelecer metas e objetivos e indicar o que será efetuado ao longo do projeto.
- Medir: medição dos pesos da massa à saída do forno e recolha dos dados para tratamento. Pré-análise do processo, em termos estatísticos: se o processo se encontra sob controlo estatístico e medição da capacidade do processo.
- Analisar: pelo acompanhamento intensivo da linha, foi possível agrupar um conjunto de causas que poderiam estar a afetar o problema. Elaboração de uma análise a cada causa e identificação das causas mais críticas.
- Melhorar: Idealização de propostas de melhoria e implementação de algumas dessas melhorias.
- Controlar: não foi possível alcançar esta etapa do ciclo.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

No presente capítulo foi efetuada uma introdução ao trabalho desenvolvido. Em primeiro lugar, foi elaborado um enquadramento e motivação para o projeto e os respetivos objetivos, assim como a metodologia aplicada neste projeto.

No segundo capítulo, foi elaborada uma revisão bibliográfica. Foi efetuada uma introdução da qualidade da indústria alimentar e a variabilidade associada a esta. Foram apresentados principais fundamentos associados à filosofia Seis Sigma e à metodologia DMAIC. Por último, foram apresentados os conceitos teóricos do controlo estatístico do processo, assim como, das ferramentas básicas utilizadas na DMAIC.

No terceiro capítulo, foi descrita a empresa do caso de estudo e o local onde se concentrou este trabalho, ou seja, a linha de produção de tortas. Foram descritos todos os processos

envolvidos no funcionamento da linha, incluído os seus controlos. No final deste capítulo, ainda foi explicado o projeto de melhoria contínua já iniciado na linha das tortas e as implementações de melhoria já efetuadas. Por último, foi descrita a problemática em estudo desta dissertação.

No quarto capítulo, foram descritos todos os passos para elaborar os métodos práticos e estatísticos utilizados nesta tese, assim como os materiais utilizados em ambos.

No quinto capítulo, foi descrito a discussão dos resultados obtidos, incluindo todos os passos da DMAIC à exceção do Controlar. Foi, ainda, definido o projeto e feitos estudos relacionados com a variabilidade dos pesos das tortas e os respetivos resultados.

No último capítulo, foram apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, assim como as limitações no projeto e as propostas futuras de melhorias para a linha das tortas.

2. Introdução

Neste capítulo serão abordados alguns conceitos teóricos aplicados a este projeto. É feita uma introdução da qualidade da indústria alimentar e a variabilidade associada a esta. Ainda são apresentados os principais fundamentos associados à filosofia Seis Sigma e à metodologia DMAIC que é aplicada nesta dissertação. Por último, serão apresentados os conceitos teóricos do controlo estatístico do processo (SPC), assim como, das ferramentas básicas utilizadas na DMAIC.

2.1. Qualidade na indústria alimentar

A indústria alimentar é conhecida pela perecibilidade dos seus produtos, variabilidade na qualidade das suas matérias-primas, diversidade de receitas e técnicas de processamento, efeitos de sazonalidade e condições de colheita imprevisíveis (Lim et al., 2014).

Controlar e melhorar a qualidade é, atualmente, muito importante na estratégia de negócio de muitas empresas. A qualidade tem-se tornado um fator de decisão para os clientes na seleção de um produto em detrimento dos seus competidores diretos. Por essa razão, melhorar a qualidade é importante para o crescimento, sucesso e competitividade de uma empresa (Montgomery, 2009).

Normalmente, o controlo da qualidade na indústria alimentar é, feito através de inspeções, em que são controladas características físicas e sensoriais, como, o sabor, a cor, a textura e o cheiro do produto. O problema é: existindo apenas uma inspeção ao produto, só é possível detetar produtos não conformes e variações nas linhas de produção já demasiado tarde no processo para serem resolvidos. Portanto, estas inspeções apenas dão informação da existência de produtos não-conformes (ou conformes) e não dão informação do que está a provocar variabilidade. Na maioria dos casos, os problemas que surgem de variabilidade não são causados por um fator isolado, mas sim das interações entre vários fatores, incluindo ingredientes, configurações dos parâmetros e outras condições de processamento. Na indústria alimentar ainda é necessário, com alguma frequência, efetuar ajustes e alterações ao processo para que o produto seja adequado para consumo ou se enquadre na embalagem ou corresponda a requisitos de especificação (Lim et al., 2014) (Carneiro, 2017).

2.1.1. Variabilidade do Processo

A variabilidade pode ser definida como uma oscilação da média ou de um ponto ideal do processo, estando presente em todos os sistemas de produção. Quando variabilidades, que atingem um processo, são significativas em relação às especificações, existe o risco de ocorrerem produtos não conformes, sendo um dos motivos da existência do controle do processo (Montgomery, 1991) (Carneiro, 2017).

Para a maioria das indústrias alimentares, é difícil obter produtos que atendam sempre às mesmas características. No entanto, se a diferença registrada for insignificante, pode não ter qualquer impacto para o consumidor ou para a empresa. Como forma de estudar essa variabilidade, todos os estágios de um processo devem ser controlados de modo a manter a(s) característica(s) estudadas dentro do valor de especificação e minimizar a dispersão natural dos resultados (Montgomery, 2009) (Carneiro, 2017).

A variabilidade é inversamente proporcional à qualidade, ou seja, se forem atingidos níveis de qualidade melhores, consegue-se reduzir a variabilidade do processo e do produto e aumentar a exatidão para alcançar metas de especificação ou objetivos de diminuição de desperdício (Montgomery, 2009) (Carneiro, 2017).

A variabilidade num processo pode ser causada por alterações nos procedimentos de trabalho, configurações, interrupções aleatórias e problemas de qualidade. Para combater a variabilidade é necessário elaborar estratégias para compreender as suas causas (Carneiro, 2017).

2.2. Filosofias de melhoria contínua

A competição mundial causou mudanças na visão das organizações, sendo estas obrigadas a traçar objetivos estratégicos no sentido de se tornarem competitivas no mercado. Ainda assim, muitas indústrias carecem de metodologias consistentes que lhes permitem obter essa competitividade (Santos, 2014).

Atualmente, existem muitas filosofias de melhoria contínua que podem ser aplicadas nas organizações. A implementação de qualquer uma permite às organizações a melhoria de todos os parâmetros de qualidade existentes nelas. A presente revisão bibliográfica irá centrar-se na filosofia Seis Sigma uma vez que esta incorpora a metodologia DMAIC aplicada no decorrer desta dissertação e que foi proposta pela empresa.

2.2.1. Filosofia Seis Sigma

O Seis Sigma é uma filosofia direcionada para a gestão de projetos de modo a melhorar os produtos, serviços e processos de uma organização, de modo contínuo e de maneira a reduzir a variabilidade (Gabor et al., 2010).

2.2.1.1. Origem e definição

A filosofia Seis Sigma foi desenvolvida pela *Motorola Inc.*, em 1986, nos E.U.A. Na altura, a empresa enfrentava a competitividade da indústria eletrónica nipónica e precisava de realizar melhorias drásticas nos seus níveis de qualidade (Linderman et al., 2003) (Park, 2003).

O Seis Sigma tornou-se uma estratégia de melhoria contínua com o objetivo principal de reduzir sistematicamente a variação e, deste modo, também remover defeitos e eliminar desperdício de produtos e/ou processos (Gabor et al., 2010).

Especificamente no Seis Sigma, o nível de desempenho é medido em termos de σ – desvio padrão. Aumentar o nível de σ corresponde a melhorar a capacidade do processo, por essa razão, deve-se reduzir a variabilidade nas principais características de um produto para que os limites de especificação estejam pelo menos a seis desvios padrão da média do processo (figura 2.1) e que uma falha ou defeitos sejam extremamente improváveis (Pereira et. al., 2012) (Montgomery et al., 2008).

A meta seis desvios padrão da média foi estabelecida pela *Motorola* e que correspondia a 0,002 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), sendo que a maioria das empresas praticava o valor de três desvios padrão. No entanto, mais tarde, a *Motorola* assumiu que o processo, a longo prazo, pode ser alvo de distúrbios que causam instabilidade e que deslocam a média do processo até 1,5 sigma com 3,4 DPMO (Tabelas 2.1. e 2.2.) (Pereira et. al., 2012) (Linderman et al., 2003). O número de DPMO pode ser calculado pela seguinte equação:

$$DPMO = \frac{\text{Número de defeitos observados numa unidade}}{\text{Número de oportunidades numa unidade}} \times 1\,000\,000$$

Assim, o principal objetivo da filosofia Seis Sigma, baseado em métodos e ferramentas estatísticas, é o estabelecimento, a curto prazo, das especificações em seis desvios padrão da média e reduzir o número de defeitos para um máximo de 3,4 DPMO. Este valor possibilita a criação de uma produção quase sem defeitos, gerando um valor de 99,9997% de produtos

conformes. Para estes objetivos serem cumpridos, é necessário não só eliminar a variação desnecessária, mas também que exista uma mudança cultural empresarial (Linderman et al., 2003).

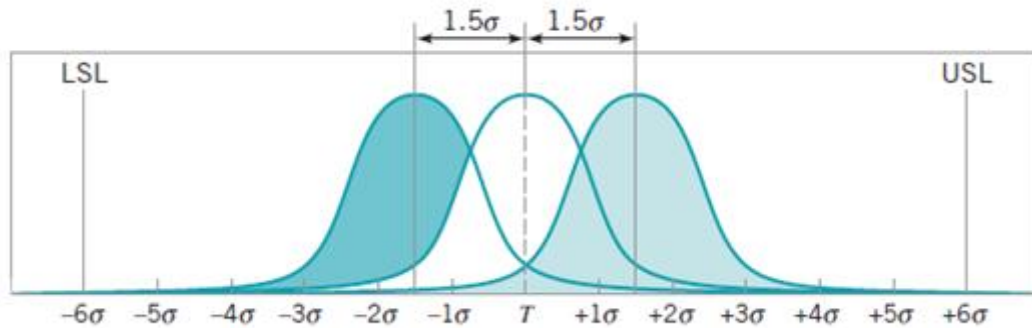


Figura 2.1 –Distribuição Normal com μ deslocada por $\pm 1,5\sigma$ do T (target) (Montgomery et al., 2008)

Tabela 2.1 - Níveis de Sigma e DPMO (métrica tradicional) (Bass, 2007)

Variação em torno de μ	Produtos conformes (%)	Número de defeitos (ppm)
$\pm 1\sigma$	68,27	317 300
$\pm 2\sigma$	95,45	45 500
$\pm 3\sigma$	99,73	2 700
$\pm 4\sigma$	99,9937	63
$\pm 5\sigma$	99,999943	0,57
$\pm 6\sigma$	99,9999998	0,002

Tabela 2.2 - Níveis de Sigma e DPMO tendo em conta um deslocamento de $\pm 1,5$ Sigma (Bass, 2007)

Variação em torno de μ	Produtos conformes (%)	Número de defeitos (ppm)
$\pm 1\sigma$	30,23	697 700
$\pm 2\sigma$	69,13	608 700
$\pm 3\sigma$	93,32	66 810
$\pm 4\sigma$	99,3790	6 210
$\pm 5\sigma$	99,97670	233
$\pm 6\sigma$	99,999660	3.4

O desenvolvimento desta filosofia ajudou a *Motorola* a melhorar em 204% a produtividade do trabalho. Este caso de sucesso, fez com que outras empresas, como a *General Electric* e a *Allied Signal*, adotassem posteriormente esta estratégia (Park, 2003).

Na filosofia Seis Sigma é utilizada uma metodologia estruturada para projetos de melhoria, o ciclo DMAIC – *Define, Measure, Analyse, Improve, Control* - e outra para projetos de conceção de novos produtos, o ciclo DMADV – *Define, Measure, Analyse, Design, Verify*.

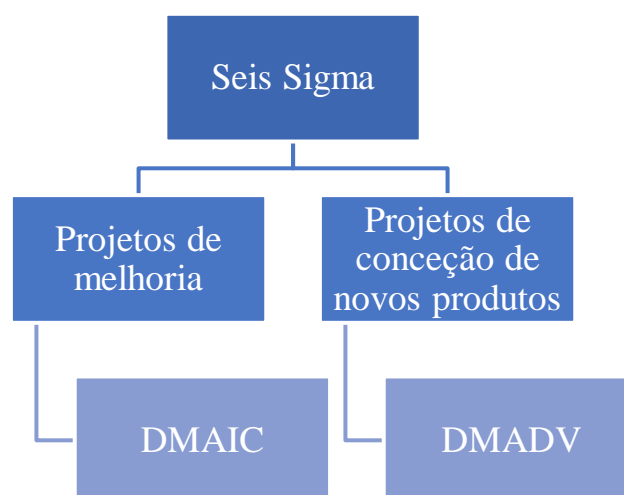


Figura 2.2 - Metodologias utilizadas no Seis Sigma

No contexto desta dissertação, a filosofia Seis Sigma não se encontra implementada na empresa em questão, mas é aplicada regularmente uma das suas metodologias, neste caso, a DMAIC, por se tratar de melhoria contínua.

2.2.1.2. Metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC identifica um problema e utiliza um conjunto de ferramentas e técnicas para chegar a uma solução sustentável. A solução irá minimizar ou eliminar o problema. Por outras palavras, trata-se de um procedimento de resolução de problemas dividido em cinco etapas: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar/Implementar) e *Control* (Controlar).

Nesta metodologia, são normalmente elaborados pequenos projetos de melhoria e a estes projetos são implementadas soluções para resolver os problemas de raiz relacionados com a qualidade e/ou com o processo, e também estabelecer boas práticas de modo a assegurar que as soluções permanecem (Shankar, 2009) (Montgomery, 2009).

Na figura 2.3., estão representadas as etapas da DMAIC e o que deve ser elaborado em cada uma delas.

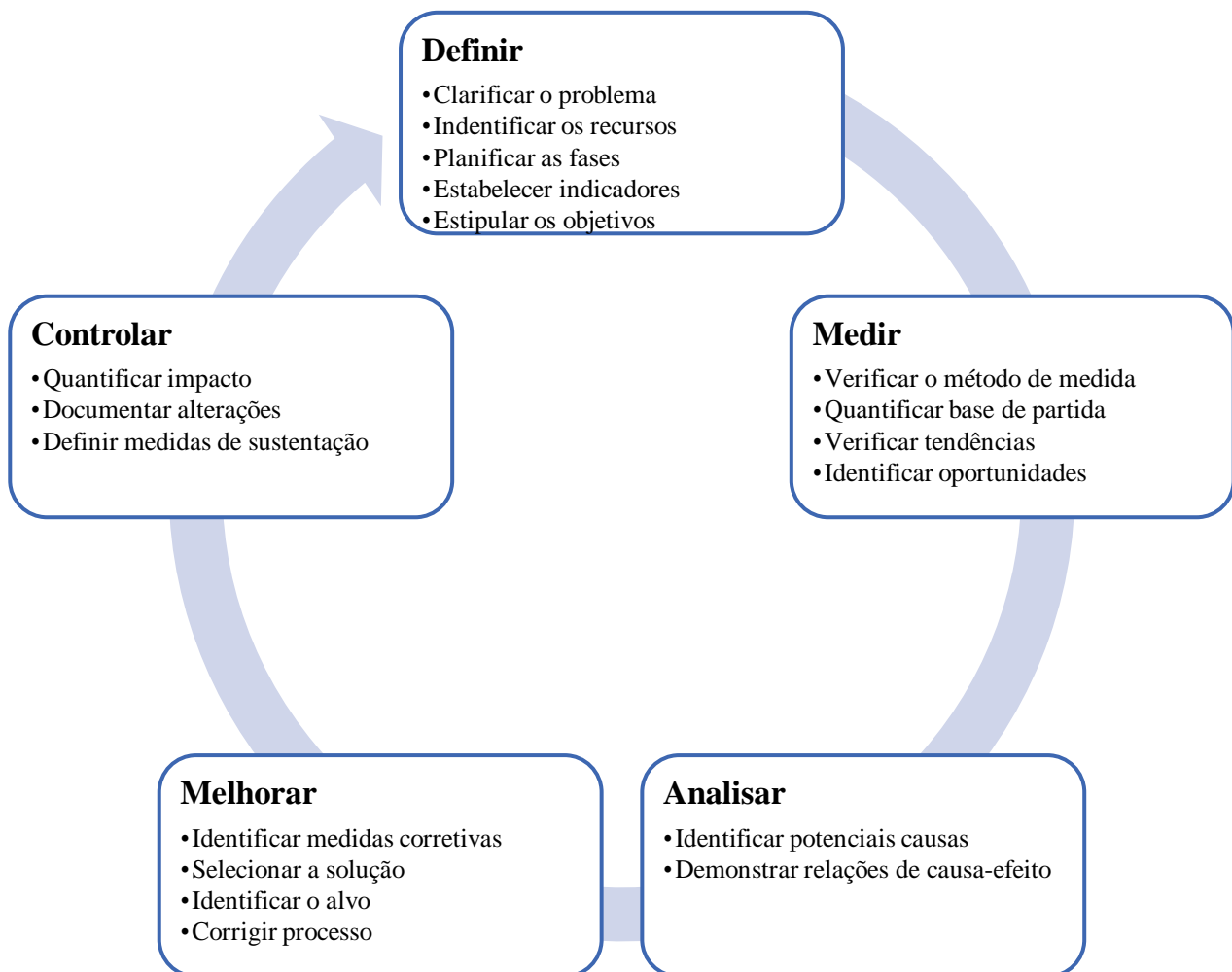


Figura 2.3 – Estratégia de Melhoria (Dan Cake, 2017)

Definir

O objetivo do *Definir* é identificar uma oportunidade de projeto e verificar se este representa uma potencialidade de melhoria. É preferível que este tipo de projetos seja importante tanto para o cliente como para a empresa (Montgomery et al., 2008).

Para utilizar a metodologia DMAIC, não é obrigatório que uma organização esteja a passar por problemas. Um projeto pode ser iniciado simplesmente com o objetivo de melhoria contínua, sendo importante ter esta mentalidade num mercado competitivo (Shankar, 2009).

Existem muitas maneiras para escolher um projeto para melhoria: pode ser designado pela gestão de topo, baseado numa decisão estratégica ou, pode ser identificada uma parte de um processo que apresente oportunidade de melhoria (Shankar, 2009).

Nesta fase do projeto, normalmente, inicia-se com a apresentação da Carta de projeto. Trata-se de um documento que contém a descrição do projeto e o seu objetivo, as datas de início e potencial fim do projeto, as métricas do processo, identificação da equipa e funções, os benefícios para a organização, e quaisquer outras questões importantes que possam ser relevantes de colocar na carta de projeto (Montgomery et al., 2008).

Medir

Na fase de *Medir*, o objetivo é recolher informação básica sobre o processo que foi identificado para o projeto de melhoria. Esta informação servirá para uma melhor compreensão do processo, saber o que está a acontecer com este e onde reside o problema (Shankar, 2009).

O início desta etapa pode começar com a recolha de dados para quantificar o problema. Estes dados podem ser recolhidos de históricos, mas o problema é que estes podem estar incompletos, os métodos de recolha podem ser diferentes ou a informação desejada pode não estar registada. É sempre melhor recolher dados através da observação e/ou recolha de amostras. No caso de existir recolha de amostras, a capacidade do sistema de medição deve ser avaliada de modo a certificar que o problema não está no sistema de medição (Montgomery et al., 2008).

Durante a recolha de dados, as equipas de projeto também podem fazer recomendações de melhoria como a eliminação de fontes de variabilidade do processo (Montgomery et al., 2008).

Analisar

Nesta fase, o objetivo é utilizar os dados da fase de Medir, determinar as relações de causa-e-efeito no processo e entender quais as fontes de variação deste (Montgomery et al., 2008).

Com os dados recolhidos pode-se fazer uma análise estatística, utilizando ferramentas, como cartas de controlo, testes de hipóteses e intervalos de confiança, desenho de experiências (DOE), análise de variância (ANOVA), entre outros. Sendo que para esta análise, é importante separar as causas de variação comuns das especiais. Remover as causas comuns, normalmente, altera o processo, enquanto que remover causas especiais, normalmente elimina um problema específico. Atualmente existem muitos *softwares* estatísticos que permitem a utilização destas ferramentas de maneira mais direta (Montgomery et al., 2008).

Melhorar

Quando se alcança esta fase é pressuposto que a equipa do projeto já tenha conhecimento do processo e o que pretende melhorar, ou seja, objetivo é desenvolver soluções para um problema (Shankar, 2009).

Depois de desenvolvidas um conjunto de potenciais soluções, é necessário rever quais as que podem ser implementadas de momento, uma vez os custos associados têm papel importante nesta fase.

Controlar

Na última fase, deve-se completar todos os trabalhos pendentes do projeto e elaborar um plano de controlo do processo. Este tem o propósito de monitorizar as mudanças implementadas, incluindo métodos e métricas para uma auditoria periódica, para assegurar que os resultados se mantêm estáveis. Nesta fase, para monitorizar estas mudanças, normalmente, aplica-se também controlo estatístico do processo (Montgomery et al., 2008).

Na figura 2.4., encontra-se representado um fluxograma de decisão de um projeto DMAIC ou DMADV.

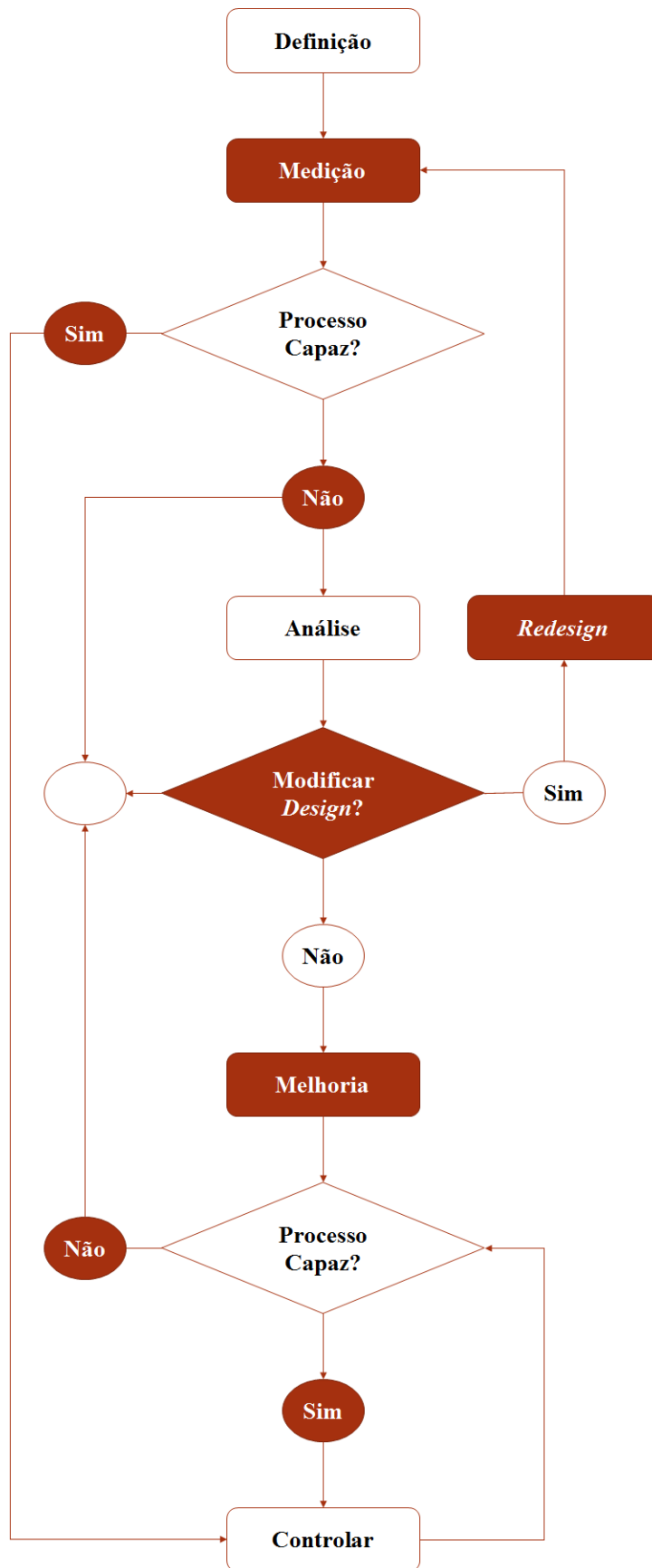


Figura 2.4 - Fluxograma do processo DMAIC e DMADV adaptado de (Park, 2003)

2.2.1.3. Ferramentas e Técnicas utilizadas em Seis Sigma

Existem algumas ferramentas e técnicas de qualidade que auxiliam cada etapa de um projeto de DMAIC. Na figura 2.5., encontram-se algumas dessas ferramentas e técnicas.

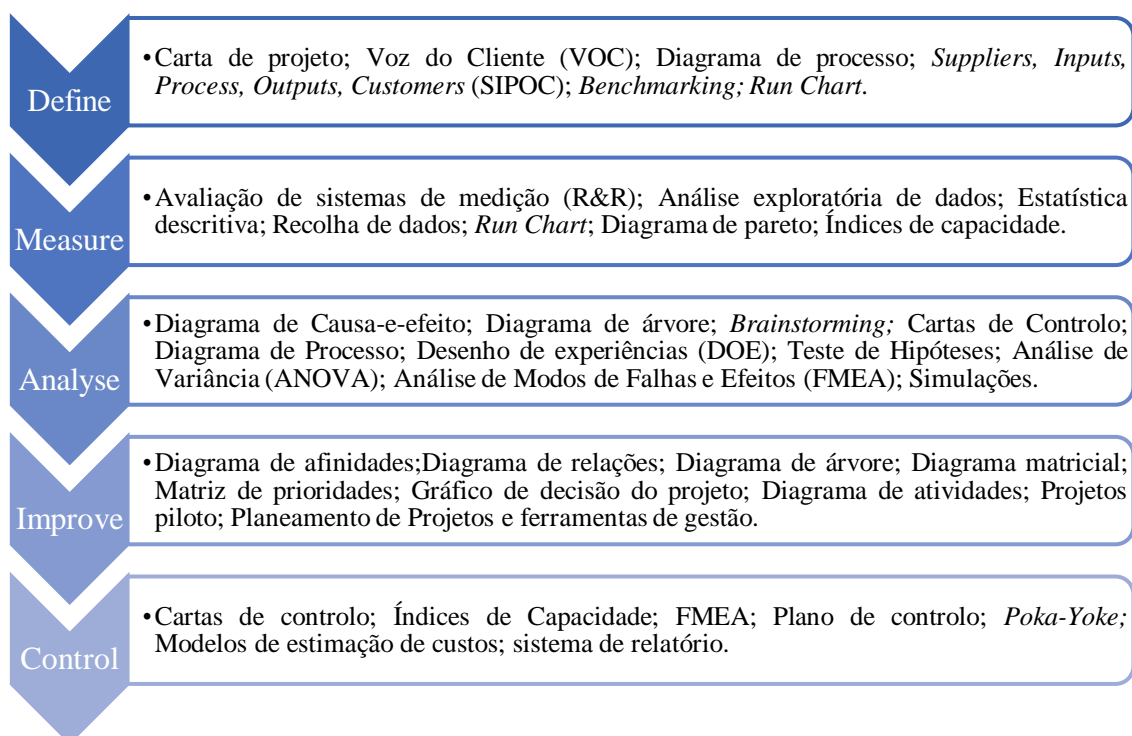


Figura 2.5 – Ferramentas utilizadas em cada uma das fases do ciclo da DMAIC adaptado de (Pyzdek T. , 2003)

No seguimento desta dissertação, serão apenas abordadas as ferramentas e técnicas aplicadas no projeto DMAIC apresentado.

Fluxograma

Um fluxograma permite ilustrar de forma ordenada as diversas etapas, de forma sequencial, que vão contribuir para a obtenção de um produto. Deve ser elaborado e atualizado periodicamente por uma equipa de trabalho (Pereira et al., 2012). Na figura 2.6., encontra-se um exemplo de um fluxograma do processo de tratamento de leite.

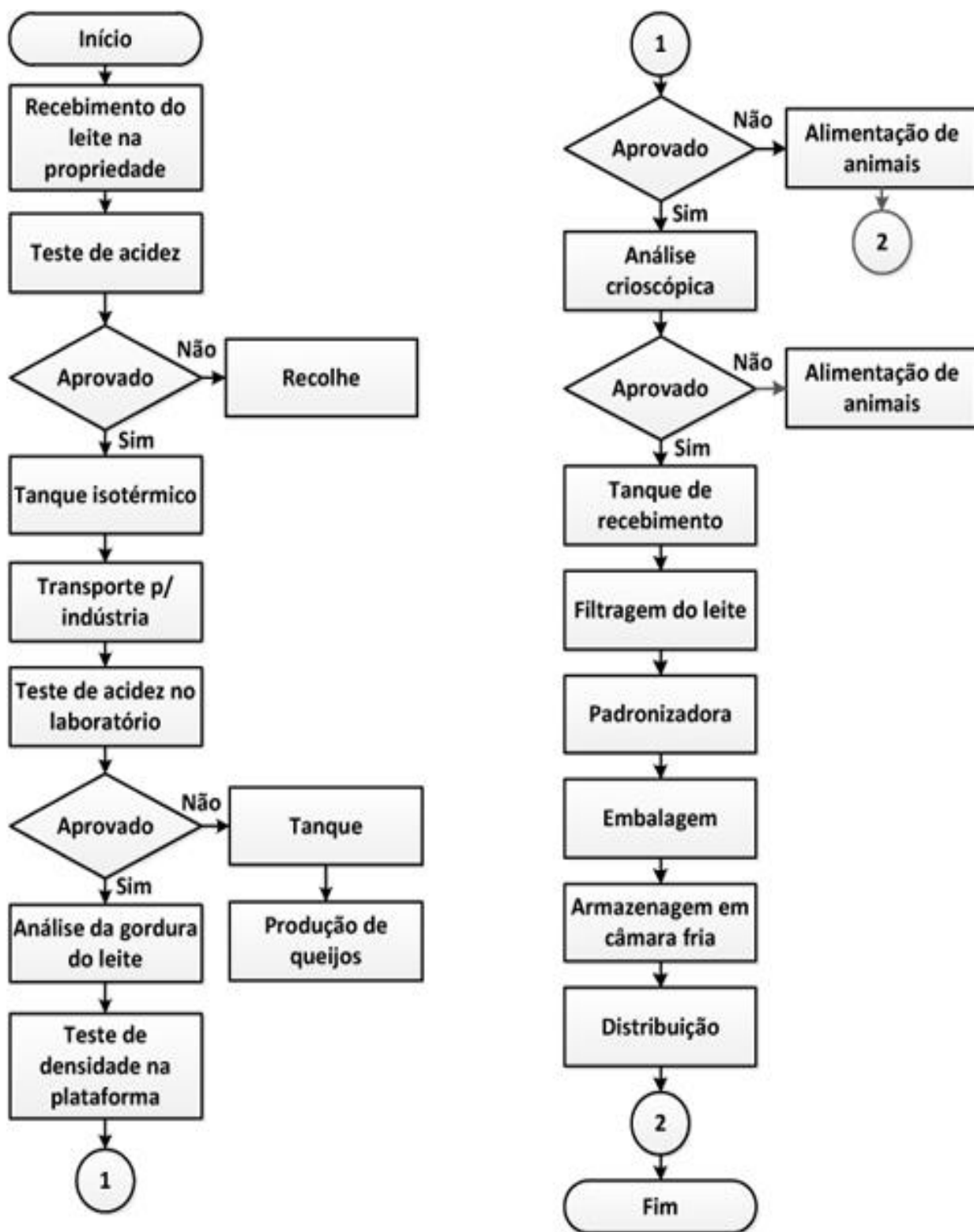


Figura 2.6 – Exemplo de um fluxograma de indústria alimentar (Campão et al., 2011)

Diagrama de Causa-e-Efeito

Quando é identificado o problema, devem ser analisadas as causas potenciais da sua origem. Uma ferramenta utilizada para isso é o diagrama de causa-e-efeito, ou diagrama de *Ishikawa*, ou diagrama em Espinha-de-Peixe, que relaciona esquematicamente as causas com os efeitos (problemas) que as mesmas produzem (Pereira et al., 2012).

Os passos para a construção de um diagrama de causa-e-efeito são:

- Definir o problema
- Identificar as causas do problema: as causas podem ser classificadas em vários níveis. É habitual considerarem-se seis categorias de causas principais: mão-de-obra, métodos, meio ambiente, máquinas, materiais e medições. Cada uma das categorias referidas pode, ainda, ser subdividida em causas de nível 1, que afetam diretamente a respetiva causa principal, e em causas de nível 2 que afetam a causa de nível 1 (Pereira et al., 2012).
- Selecionar causas mais prováveis: analisar o diagrama e escolher as causas mais prováveis (Pereira et al., 2012).
- Definir e implementar ações corretivas: definem-se ações corretivas para eliminar as causas do problema e implementam-se ações corretivas que devem ser monitorizadas, e se necessário efetuar ajustes (Pereira et al., 2012).
- Avaliar a eficácia das ações implementadas: os resultados destas ações podem ser no fim divulgados para todos (Pereira et al., 2012).

Na figura 2.7., encontra-se um exemplo de um diagrama de *Ishikawa* para indústria alimentar, em que se pretende saber as causas que estão a afetar o retorno de leite embalado.

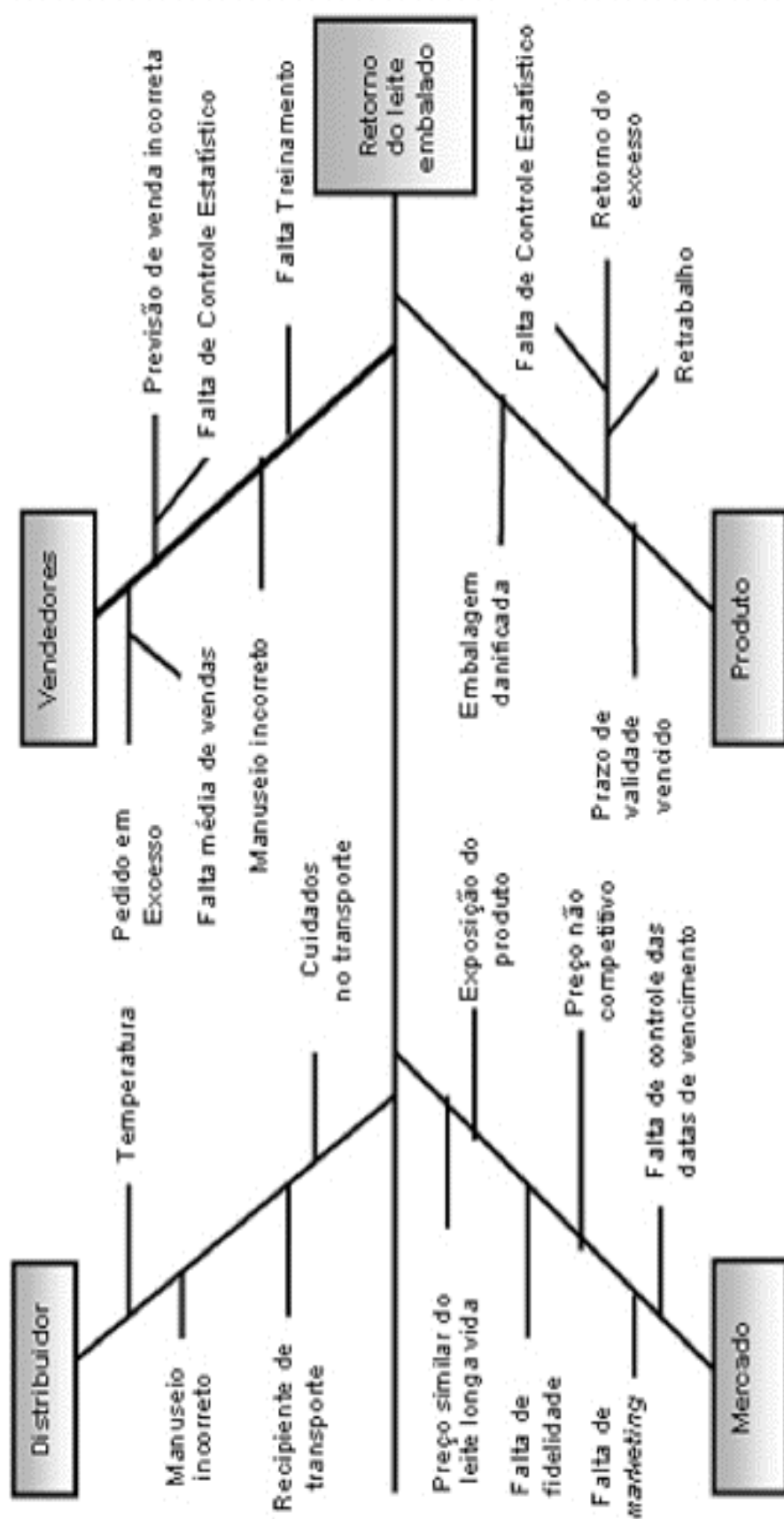


Figura 2.7 - Exemplo de um diagrama de *Ishikawa* de indústria alimentar (Campão, et al., 2011)

Histograma

Um histograma é um gráfico de barras que ilustra a frequência de ocorrência dos valores de uma variável contínua ou discreta e fornece informações sobre a dispersão e localização dos valores recolhidos (Pereira et al., 2012).

Para a construção de um histograma deve-se agrupar os dados em classes e contar o número de ocorrências correspondentes a cada classe (frequência absoluta). O número de classes é variável, dependendo do número de observações. As duas regras mais utilizadas para a determinação do número de classes são (Pereira et al., 2012):

$$k = \sqrt{N}$$

$$k = 1 + 3,322 \times \log(N)$$

Sendo k, o número de classes, e N, o número total de observações.

De seguida, são expostas as etapas de procedimento para a construção de um histograma, segundo Pereira et al., 2012:

- Determinar a amplitude (R) de cada classe:

$$R = \frac{h}{k}$$

Onde h é a amplitude total dos dados observados, ou seja, a diferença entre os valores máximo e mínimo.

$$h = X_{\text{máximo}} - X_{\text{mínimo}}$$

- Agrupar os dados em classes e construir a tabela de frequências:

1. Determinar as frequências absolutas e relativas de cada classe:

$$f_r = \frac{f_a}{N} \times 100 (\%)$$

Em que f_a é a frequência absoluta e f_r é a frequência relativa.

2. Calcular as frequências relativas acumuladas:

$$F_r = \sum_{i=1}^r f_{r_i}$$

- Representar graficamente o histograma, em que as classes são o eixo das abcissas e a frequência absoluta, ou a relativa, no eixo das ordenadas.

Cartas de controle

As cartas de controle foram desenvolvidas por Walter Shewhart nos anos 20 e são ferramentas que permitem monitorizar o comportamento de um processo com o objetivo de reduzir a variabilidade, determinar os parâmetros do processo e a sua capacidade. Esta ferramenta da DMAIC será explicada no tema 2.4 controlo estatístico do processo (Pereira et al., 2012).

Cinco Porquês

O método dos 5 porquês ajuda a determinar as relações de causa e efeito num problema. Pode ser usado quando a verdadeira causa do problema não é clara. Esta técnica tenta resolver um problema sem ser necessário grandes recursos para a sua investigação. É uma ferramenta simples que não precisa de análise estatística. Como se aplica? Simplesmente começa-se com um problema, e pergunta-se “porquê” que acontece, obtendo-se outro problema, e assim sucessivamente repetindo sempre a palavra “porquê?”, ou seja, vão sendo retiradas camadas do problema até se chegar à causa-raiz. O número de “porquês” não tem de ser obrigatoriamente cinco, podem ser usados mais ou menos desde que se encontre a causa raiz (Sondalini).

Na figura 2.8., encontra-se um esquema de como deve ser elaborado um diagrama de cinco porquês.

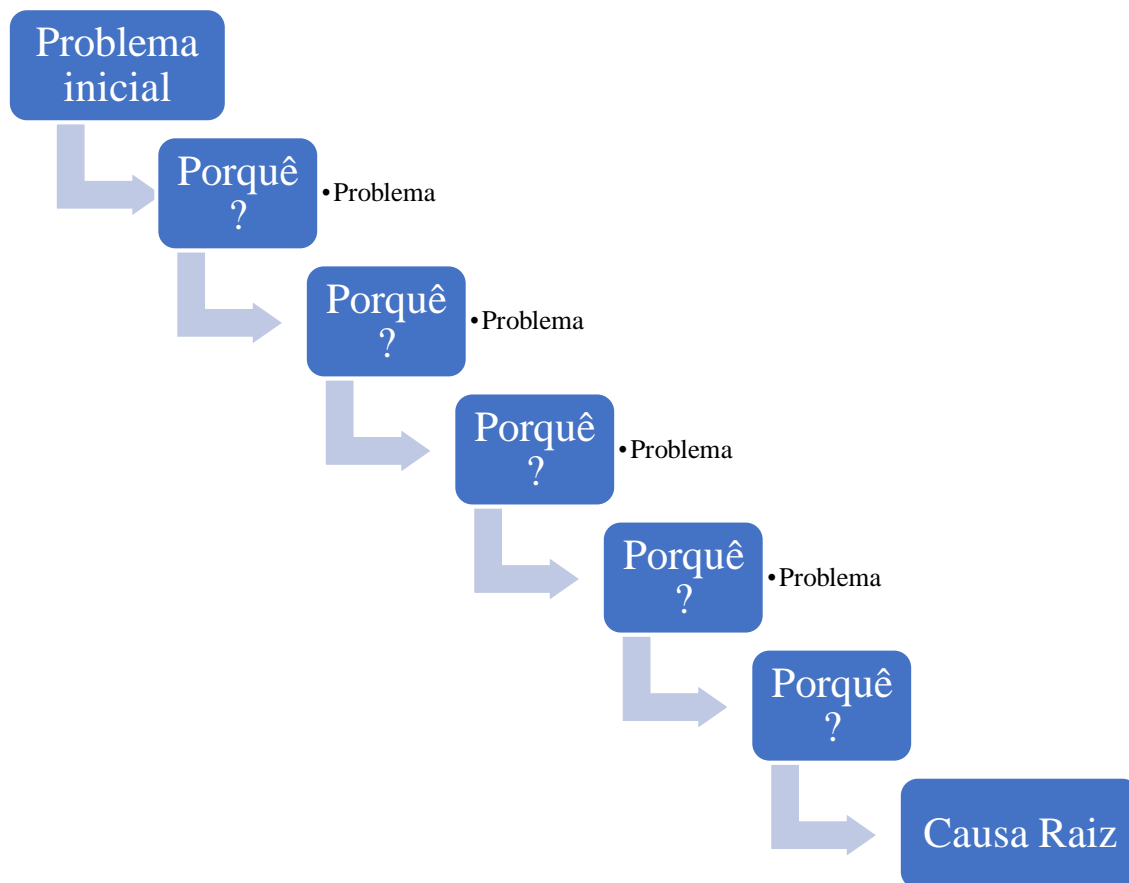


Figura 2.8 - Esquema dos cinco porquês

2.3. Ferramentas de outras filosofias

No decurso deste trabalho, foi aplicada a metodologia DMAIC e as ferramentas características a essa metodologia. No entanto, também foram executadas algumas das ferramentas descritas seguidamente das filosofias *Kaizen*, *Lean* e TPM (*Total Productive Maintenance*).

2.3.1. Gemba Walk

Gemba é uma palavra japonesa que significa “local real”, sendo que numa indústria, este local equivale ao local onde ocorre a produção (chão de fábrica). A ida ao local e a sua observação por parte de supervisores e técnicos de produção contribui para um entendimento do processo permitindo identificar as áreas de desperdício e identificar oportunidades de melhoria. O *Gemba*

Walk é fundamental na filosofia *Lean* Seis Sigma e pode ser um dos primeiros passos para começar um projeto. (Womack, 2013)

Um *Gemba Walk* pode ajudar a reduzir os desperdícios, melhorar a cultura da empresa e segurança no trabalho, isto porque, havendo uma supervisão, os trabalhadores terão mais consciência do que se pode fazer ou não. Ao efetuar um *Gemba Walk*, os supervisores e técnicos podem obter ideias para melhorar o que é observado, no entanto, o objetivo não é procurar erros, é sim questionar certas situações que não pareçam corretas, para além de que se deve dialogar com os trabalhadores de forma interessada e não os controlar. (Womack, 2013)

2.3.2. Controlo Visual

O controlo visual é uma ferramenta *Lean* que ajuda na gestão de processos. As organizações que desenvolvem um sistema de controlo visual conseguem mais facilmente passar informação rápida e precisa aos seus trabalhadores. Estas ajudas visuais devem ser simples e precisas para que os trabalhadores as possam aplicar. Pode ser uma ferramenta simples, mas melhora a produtividade, qualidade e performance de qualquer processo, basta que estejam colocadas estrategicamente em pontos importantes desse processo para que seja fácil a sua observação e implementação rápida (Ortiz et al., 2011).

Existem três tipos de ajudas visuais: métricas de processo, instruções de trabalho e informação geral da planta.

- Métricas de Processo: as métricas de processo são colocadas nas máquinas ou unidades operacionais para fornecer informação em tempo real. Com esta informação instantânea, ajustes podem ser feitos imediatamente a um processo (Ferraro, s.d.).
- Instruções de Trabalho: estas ajudas visuais providenciam aos trabalhadores informação sobre o que fazer e quando fazer. Não é necessária a utilização de textos muito complicados, basta uma representação visual que dê instruções claras e rápidas que contribuam para a minimização dos erros em produção (Ferraro, s.d.).
- Informação Geral da Planta: são informações colocadas num local central da fábrica e têm como objetivo aumentar a consciencialização, alertar sobre mudanças, avisos sobre como lidar com processos de fabricação potencialmente perigosos e motivação da produção (Ferraro, s.d.).

2.3.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE) – Eficácia Global do Equipamento

A OEE foi, primeiramente, introduzida por Nakajima (1988), no contexto da filosofia de gestão TPM (*Total Productive Maintenance*), sendo direcionada para equipamentos ou máquinas. É uma métrica quantitativa muito utilizada em sistemas de produção para controlar e monitorizar a produtividade dos equipamentos de produção, sendo que também serve como um indicador de desempenho e um guia para a determinação de oportunidades de melhoria (Joseph et al., 2017) (Domingues, 2013).

A OEE quantifica o desempenho de uma unidade de produção relativo à sua capacidade instalada, durante os períodos em que está agendada a sua execução. Considera-se uma OEE excelente de 85% ou acima deste valor (Stamatis, 2010).

Para o cálculo da OEE, são englobados três fatores mensuráveis importantes: disponibilidade, produtividade e qualidade, sendo que estes podem ser melhorados individualmente. Assim, calcula-se a OEE a partir da seguinte equação (Stamatis, 2010):

$$OEE (\%) = Disponibilidade \times Produtividade \times Qualidade$$

Para o cálculo de cada um dos três componentes (disponibilidade, produtividade e qualidade) temos de ter em conta as seis grandes perdas em equipamentos ou máquinas, que são (Stamatis, 2010) (Vorne, 2016):

Tabela 2.3 – Seis grandes perdas (Vorne, 2016)

Tipo de perdas	Seis grandes perdas	Seis grandes perdas tradicionais
Perdas de disponibilidade	Paragens não planeadas	Avarias
	Paragens planeadas	<i>Setups</i> ou Ajustes
Perdas de produtividade	Pequenas paragens	Microparagens ou tempo ocioso
	Ciclos lentos	Velocidade reduzida
Perdas de qualidade	Produtos rejeitados da produção	Produtos não conformes do processo
	Produtos rejeitados do <i>Startup</i>	Baixo Rendimento

Desta forma, podemos calcular cada um dos três componentes da OEE.

Em primeiro lugar, a *Disponibilidade* é um fator que tem conta todos os eventos que param a produção planeada tempo suficiente (tabela 2.3.), sendo o tempo de inatividade todo o tempo de paragens planeadas e não planeadas e tempo planeado (o tempo que se prevê que a produção funcione). Logo, a equação da disponibilidade é dada por: (Vorne, 2016)

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ Planeado - Tempo\ de\ inatividade}{Tempo\ Planeado} \times 100\%$$

Em seguida, a *Produtividade* tem em conta tudo o que faz com a produção não trabalhe na sua máxima velocidade. Para este cálculo é necessário o tempo de ciclo ideal, ou seja, o tempo mínimo para produzir uma peça e a quantidade processada incluindo as peças com defeito (Vorne, 2016):

$$Produtividade = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal \times Quantidade\ processada}{Tempo\ Planeado - Tempo\ de\ inatividade} \times 100\%$$

Por último, a *Qualidade* tem em conta as peças produzidas que não se encontram conformes, sendo que a equação para o cálculo da qualidade acaba por ser uma equação do rendimento do processo (Vorne, 2016):

$$Qualidade = \frac{Quantidade\ de\ produtos\ conformes}{Quantidade\ processada} \times 100\%$$

No quadro resumo da tabela 2.4., encontram-se as ferramentas aplicadas em cada fase:

Tabela 2.4 – Ferramentas utilizadas no decorrer desta dissertação

Ferramentas	Definir	Medir	Analisar	Melhorar
Declaração de projeto	✓			
Cartas de Controlo		✓		
Índices de Capacidade		✓		
Diagrama de causa efeito			✓	
Teste de Hipóteses			✓	
Ajudas Visuais				✓
5 Porquês				✓
Gráficos de dispersão			✓	
Gráficos <i>Box-Plot</i>			✓	
Gráfico radar			✓	

2.4. Controlo estatístico do processo (SPC)

No contexto desta dissertação, apenas serão abordadas as matérias de SPC aplicadas no decorrer desta tese.

2.4.1. Abordagem tradicional das cartas de controlo

Um processo é definido por um conjunto de atividades interrelacionadas e inter-atuantes que transformam entradas em saídas. A saída deve satisfazer os requisitos estabelecidos pelo cliente e pela empresa (Pereira et al., 2012).

Um processo pode estar bem concebido, desenvolvido e implementado, mas os dados referentes a uma característica da qualidade não apresentam sempre o mesmo valor, isto porque existem fontes de variação que afetam processo. Estas fontes de variação são descritas na tabela 2.5. (Pereira et al., 2012).

Tabela 2.5 – Fontes de variação adaptado de (Pereira et al., 2012).

Categoria	Tipos de Fonte de Variação
Equipamento	Desgaste de ferramentas, vibrações de máquinas, ajustamentos nos equipamentos, flutuações nos caudais hidráulicos e pneumáticos, flutuações na tensão elétrica, etc.
Matéria-prima	Variações na matéria-prima
Mão-de-obra	Estado físico e emocional das pessoas, nível de conhecimentos, falta de formação quando introduzidos novos métodos ou novas técnicas.
Meio Ambiente	Temperatura, humidade, luminosidade, radiação, quantidade de poeira, etc.
Métodos	Deficiente definição de cada operação, operações não mencionadas e métodos desajustados às necessidades.
Metrologia	Erros de mediação da característica, uso incorreto do equipamento de medição, não utilização do equipamento de medição mais adequado, deficiente formação do operador.

Estas fontes de variação podem ser divididas consoante as suas causas de variação. Existem causas comuns e causas especiais:

- Causas comuns: são fontes de variação que afetam um processo que está sob controlo estatístico. São causas aleatórias, ou seja, os valores individuais de uma determinada característica são diferentes, mas o seu conjunto segue um certo padrão que pode ser descrito por uma função de probabilidade. Embora, seja impossível eliminar a variação provocada por estas causas, deve-se procurar reduzi-la ao máximo (Pereira et al., 2012).
- Causas especiais: são causas esporádicas que não se inserem na distribuição seguida por uma característica quando o processo está sob controlo estatístico. O processo está fora de controlo estatístico quando estão presentes causas especiais que provocam variações superiores às causas comuns (Pereira et al., 2012).

2.4.1.1. Utilização e princípios das cartas de controlo

Uma carta de controlo é um gráfico onde mostra a evolução ao longo do tempo de uma estatística (ω) referente a uma determinada característica da qualidade (figura 2.9.) (Pereira et al., 2012).

Num processo sobre controlo estatístico, os pontos do gráfico devem ser aleatórios e estar compreendidos entre os limites de controlo LSC (limite superior de controlo) e LIC (limite inferior de controlo). A linha central tem o nome de LC (Pereira et al., 2012).

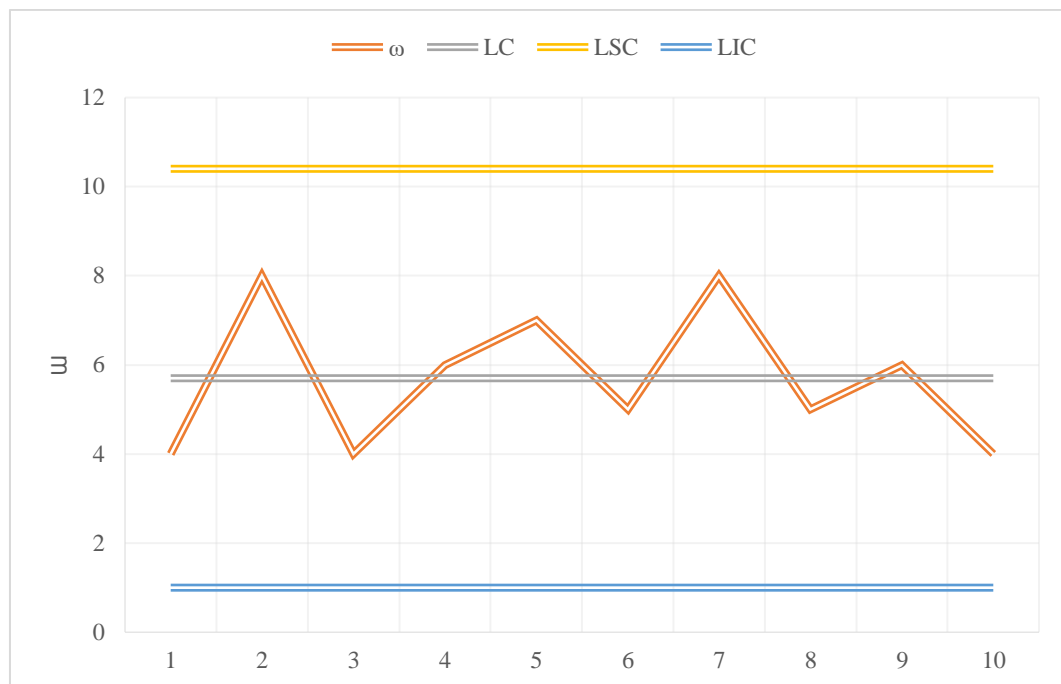


Figura 2.9 – Exemplo de Carta de Controlo

O procedimento para a construção de uma carta de controlo divide-se em duas fases: fase 1, em que se desconhecem os parâmetros do processo, e a fase 2, em que os parâmetros do processo já foram estimados. Na figura 2.10., estão estipuladas as etapas a seguir para cada fase (Pereira et al., 2012).

Fase 1

- Selecionar a característica da qualidade
- Desenvolver um plano de controlo em que conste a dimensão da amostra, a frequência da amostragem, o equipamento de medição e o método de medição.
- Selecionar o tipo de carta em função da estatística amostral a monitorizar.
- Recolher m amostras de dimensão n durante um determinado período de tempo, perfazendo um total de N unidade ($N=m \times n$), de forma que $N \geq 100$.
- Calcular a estatística a controlar para cada uma das m amostras.
- Determinar os limites de controlo e a linha central, tendo por base as estatísticas calculadas a partir das m amostras.
- Verificar a existência de causas especiais de variação.
- Eliminar, se for o caso disso, os pontos que denotam a existência de causas especiais de variação.
- Determinar os limites revistos e a linha central.
- Construir a carta de controlo revista.
- Verificar se o processo apresenta unicamente causas comuns de variação.

Fase 2

- Representar no gráfico o LIC, LC e LSC definidos na fase 1.
- Recolher a amostra i , determinar a estatística ω_i e representar o valor no gráfico.
- Verificar se esse valor corresponde a uma causa especial de variação.
- Caso se detete uma situação de fora de controlo, identificar a causa e implementar ações corretivas.
- Recolher a amostra $i+1$, calcular ω_{i+1} , representando no gráfico o respetivo valor.
- Proceder sequencialmente de acordo com os pontos 3, 4 e 5.

Figura 2.10 – Etapas a seguir para cada fase adaptado de (Pereira et al., 2012).

Para as cartas de Shewhart, os limites de controlo e a linha central, assumindo que os valores da estatística ω seguem uma distribuição aproximadamente Normal $N(\mu_\omega, \sigma_\omega^2)$ são:

$$LSC_\omega = \mu_\omega + 3\sigma_\omega$$

$$LC_\omega = \mu_\omega$$

$$LIC_\omega = \mu_\omega - 3\sigma_\omega$$

Ou seja, os limites encontram-se a $\pm 3\sigma_\omega$ da linha central. Supondo de ω é normalmente distribuída, a probabilidade de qualquer ponto se situar dentro dos limites de controlo é de 99,73%. Se qualquer ponto se situar fora então assume-se que é uma causa especial, sendo que não pertence à distribuição da estatística que se está a controlar. (Pereira et al., 2012).

2.4.1.2. Recolha de dados

Para a implementação do SPC, a recolha de dados deve ser realizada de maneira conveniente para não existir o risco de se tirarem conclusões erradas nas cartas de controlo. As unidades constituintes de uma amostra devem obedecer a determinados requisitos, sendo também importante definir a dimensão da amostra e a frequência de amostragem (Pereira et al., 2012).

Dimensão das amostras e frequência de amostragem

Um dos objetivos principais das cartas de controlo é detetar as alterações que ocorrem no processo ao longo do tempo, nomeadamente as mudanças provocadas por causas especiais de variação. Neste caso, as amostras devem obedecer ao princípio dos subgrupos racionais, ou seja, as amostras devem ser selecionadas de forma a maximizar a probabilidade de se detetarem diferenças entre subgrupos e a minimizar a probabilidade de se detetarem diferenças dentro dos subgrupos. Tal significa que se deve poder atribuir a variação entre amostras a causas especiais e a variação dentro das amostras a causas aleatórias, por isso mesmo as amostras devem ser homogêneas (Pereira et al., 2012).

As amostras devem ser retiradas em intervalos regulares e num número suficiente de vezes, para que sejam representativas de eventuais alterações do processo provocadas por causas especiais. Mas é preciso ter cuidado com a auto correlação que pode existir nas observações quando a frequência de amostragem for muito alta, uma vez que as cartas de Shewhart assumem dados independentes (Pereira et al., 2012).

Também é de referir que cada amostra deve ser produzida da mesma maneira e se, por exemplo, o produto em causa for produzido por máquinas diferentes, só se estabelece uma carta de controlo comum se, nos testes de hipóteses dos parâmetros, não existirem diferenças significativas entre as máquinas (Pereira et al., 2012).

Por último, a seleção da dimensão da amostra deve considerar a ordem de grandeza da alteração que se pretende detetar. À medida que a dimensão da amostra aumenta, mais fácil é detetar a ocorrência de pequenas alterações do processo, o mesmo se aplica à frequência de amostragem, mas por questões económicas e/ou operacionais, a dimensão de uma amostra é, normalmente, pequena (Pereira et al., 2012).

2.4.1.3. Regras de detecção de causas especiais

Como referido anteriormente, um processo está sob controlo estatístico quando os pontos numa carta se dispõem aleatoriamente. Ao longo dos anos têm sido publicadas regras que permitem reconhecer padrões sistemáticos e que se baseiam na probabilidade de ocorrência de cada um dos padrões. Na tabela 2.6., encontra-se um conjunto de regras para a detecção de causas especiais. Para a aplicação destas regras considera-se que o intervalo compreendido entre os limites de controlo $LC \pm 3\sigma_0$ está dividido em seis zonas iguais, cada uma com largura equivalente a $1\sigma_0$, que são designadas de A, B e C, abaixo e acima da linha central (Pereira et al., 2012).

Na figura 2.11., estão representados, num gráfico, os padrões correspondentes a cada regra da tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Regras para a detecção de causas especiais adaptado de (Pereira et al., 2012).

Regra 1	Um qualquer ponto fora dos limites de ação ($\pm 3\sigma_0$).
Regra 2	Nove pontos consecutivos na zona C ou para além da zona C do mesmo lado da linha central.
Regra 3	Seis pontos consecutivos no sentido ascendente ou descendente.
Regra 4	Catorze pontos consecutivos crescendo e decrescendo alternadamente.
Regra 5	Dois de três pontos consecutivos na zona A, ou além destas zonas, do mesmo lado da linha central.
Regra 6	Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, ou além destas zonas, do mesmo lado da linha central.
Regra 7	Quinze pontos consecutivos na zona C acima e abaixo da linha central.
Regra 8	Oito pontos consecutivos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

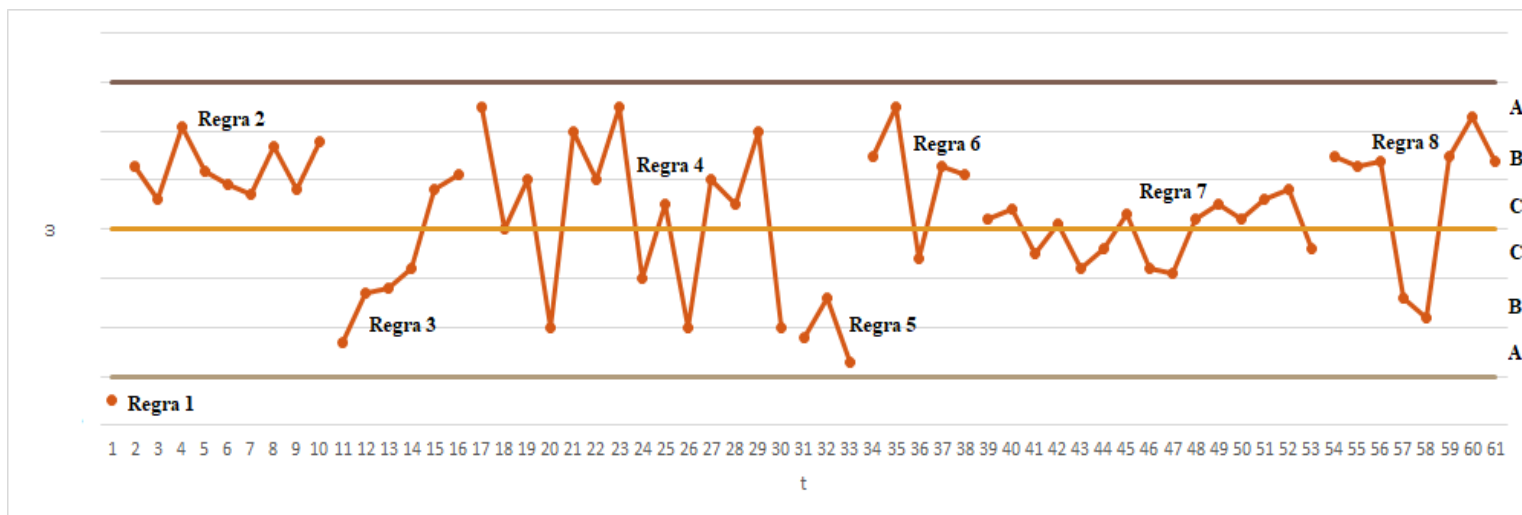


Figura 2.11 - Regras para a detecção de causas especiais adaptado de (Pereira et al., 2012).

2.4.1.4. Tipos de cartas de controle

Existem dois tipos de cartas: cartas de controlo de variáveis e cartas de controlo de atributos.

- Variáveis: são todas as características que podem ser expressas numa escala contínua (dimensões, peso); neste caso, dado a dispersão da população não depender unicamente da medida de tendência central, devem ser contruídas duas cartas de controlo. Uma para controlar o parâmetro de localização e outra para controlar o parâmetro de dispersão da população (Pereira et al., 2012).
- Atributos: são características que não podem ser expressas numa escala contínua, pois assumem valores discretos, como o número de unidades não conformes detetadas numa linha de produção ou o número de defeitos encontrados numa ou mais unidades do produto (Pereira et al., 2012).

Na tabela 2.8., encontra-se representado os tipos de cartas utilizadas para variáveis e atributos.

Tabela 2.7 – Tipos de cartas de controlo adaptado de (Pereira et al., 2012).

Variáveis	Atributos
Média e amplitude Carta \bar{X} e carta R	Proporção de unidades não conformes Carta p
Média e desvio padrão Carta \bar{X} e carta S	Número de unidades não conformes Carta np
Média e variância Carta \bar{X} e carta S^2	Número de defeitos Carta c
Mediana e amplitude Carta \tilde{X} e carta R	Número de defeitos por unidade Carta u
Observações individuais e amplitudes móveis Carta X e carta MR	

Para o desenvolvimento desta dissertação foram utilizadas as cartas de observações individuais e amplitudes móveis pelo que apenas estas serão descritas.

Cartas de Observações individuais e amplitude móvel

Quando a amostra é apenas formada por uma única observação, ou seja, $n=1$, são utilizadas as cartas de observações individuais e amplitude móvel. Estas cartas são muito úteis uma vez que, atualmente, existem medições que podem trazer custos acrescidos quando recolhidas muitas vezes (Pereira et al., 2012).

Para o cálculo dos limites de controlo seguem-se os seguintes passos (Pereira et al., 2012):

1. Cálculo da linha central da carta X, que neste caso é a média dos dados (\bar{X}), e da linha central da carta MR, que é a média das amplitudes móveis (\overline{MR}):

$$LC_X = \bar{X} = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m X_i$$

$$LC_{MR} = \overline{MR} = \frac{1}{m-1} \times \sum_{i=1}^{m-1} MR_i$$

Onde X_i é uma observação individual e MR_i é a amplitude móvel da amostra.

As amplitudes móveis individuais (MR_i) são calculadas a partir de dois valores de observações individuais (X_i), sendo dada por:

$$|X_2 - X_1|, |X_3 - X_2|, \dots, |X_m - X_{m-1}|$$

2. Calcular os limites de controlo da carta de observações individuais:

$$LSC_X = \bar{X} + \frac{3\overline{MR}}{d_2}$$

$$LIC_X = \bar{X} - \frac{3\overline{MR}}{d_2}$$

3. Calcular os limites de controlo da carta de amplitudes móveis:

$$LSC_{MR} = D_4\overline{MR}$$

$$LIC_{MR} = D_3\overline{MR}$$

Onde d_2 , D_3 e D_4 são valores tabelados na literatura.

Caso existam pontos fora dos limites de controlo deve-se analisar a anomalia em causa e deve ser conduzida uma análise do processo para determinar a causa. Esta deve ser corrigida e devem ser implementadas ações para que não se repita a ocorrência. Após a deteção e investigação de causas especiais deve-se (Pereira et al., 2012):

- Eliminar todos os pontos fora de controlo e voltar a calcular novos limites de controlo.
- Verificar se os pontos que não foram excluídos estão dentro dos novos limites.
- Repetir a identificação os passos anteriores sempre que surgirem novas ocorrências de causas especiais.

Estimação dos parâmetros do processo

No final da fase 1, o processo deve encontrar-se sob controlo estatístico, ou seja, apenas sujeito a causas comuns de variação. Nestas condições é possível estimar os parâmetros do processo, sendo que estes estão representados na tabela 2.9. (Pereira et al., 2012).

Tabela 2.8- Estimadores dos parâmetros do processo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel adaptado de (Pereira et al., 2012).

Carta	Média	Desvio padrão
Observações individuais e amplitudes móveis Carta X e carta MR	$\mu^{\wedge} = \bar{X}$	$\sigma^{\wedge} = \frac{\overline{MR}}{d_2}$

2.4.1.5. Condições para a aplicação de cartas de controlo

Para aplicação das cartas de controlo é necessário que a característica da qualidade em estudo siga os seguintes pressupostos: a aleatoriedade, normalidade e independência dos dados.

Aleatoriedade dos dados

Para verificar a aleatoriedade ou não aleatoriedade dos dados utilizam-se normalmente o teste das sequências, o teste das sequências ascendentes e descendentes e o teste modificado do quadrado médio das diferenças sucessivas (Pereira et al., 2012).

Testes das sequências

Uma sequência é um conjunto de observações que seguem um mesmo padrão e podem ser observadas numa carta de controlo (Pereira et al., 2012).

Para se verificar se existe aleatoriedade numa determinada amostra de dimensão N, aplicando o teste das sequências, considera-se dois tipos de observações, as que se encontram de um dos lados da linha central, que se designam por observações do tipo A, e as observações que se encontram do outro lado da linha central, observações do tipo B, sendo $N_A + N_B = N$. Em geral, nestas condições, uma amostra de dimensão N apresentará $r \leq N$ sequências, em que r é um valor particular da variável aleatória R (número de sequências) (Pereira et al., 2012).

O teste das sequências é definido por (Pereira et al., 2012):

H_0 : A amostra é aleatória.

H_1 : A amostra não é aleatória.

Quando a hipótese nula é verdadeira e $N \geq 25$, a distribuição da variável R pode ser aproximada pela distribuição Normal com parâmetros (Pereira et al., 2012):

$$\mu_R = \frac{2 \times N_A \times N_B}{N} + 1$$

$$\sigma_R^2 = \frac{2 \times N_A \times N_B \times (2 \times N_A \times N_B - N)}{N^2 \times (N - 1)}$$

A estatística de teste é dada por (Pereira & Requeijo, 2012):

$$Z_R = \frac{R - \mu_R}{\sigma_R}$$

Rejeita-se a hipótese nula, ou seja, considera-se que a amostra não é aleatória, quando $|Z_R| > Z_{\alpha/2}$, sendo α o nível de significância (Pereira et al., 2012).

Poderá também haver interesse em testar se as observações que constituem a amostra revelam tendência para se agruparem ou para se misturarem (alternar excessivamente). Nestes casos, o teste de sequências deverá ser um teste unilateral à esquerda ou à direita, respetivamente. Assim, se existir suspeita de que as observações têm tendência a agruparem-se, as hipóteses nula e alternativa serão (Pereira et al., 2012):

H_0 : A amostra é aleatória.

H_1 : A amostra não é aleatória, pois as observações têm tendência para se agruparem.

Neste caso, o teste é unilateral à esquerda, rejeitando-se a hipótese nula se $Z_R < -Z_\alpha$ ou $|Z_R| > Z_\alpha$ (Pereira et al., 2012).

E se existir suspeita de que as observações têm tendência para se misturarem, as hipóteses nula e alternativa serão (Pereira et al., 2012):

H_0 : A amostra é aleatória.

H_1 : A amostra não é aleatória, pois as observações têm tendência para se misturarem.

Neste caso, o teste é unilateral à direita, rejeitando-se a hipótese nula se $Z_R < Z_\alpha$ (Pereira et al., 2012).

Normalidade dos dados

No caso da normalidade dos dados, pode-se utilizar o teste do Qui-Quadrado e o teste de *Kolmorov-Smirnov*. Se a característica não seguir uma distribuição normal então não poderão ser implementadas as cartas e para obter uma variável normalmente distribuída deve-se proceder à transformação dos dados (Pereira et al., 2012).

Um outro teste, mais relevante para este trabalho é o teste de Anderson-Darling. A estatística de Anderson-Darling (AD) mede o quão bem os dados seguem uma distribuição específica, sendo que as hipóteses para o teste Anderson-Darling são (Minitab, 2017):

H_0 : os dados seguem uma distribuição específica.

H_1 : os dados não seguem uma distribuição específica

A estatística de teste AD pode ser calculada com a seguinte equação:

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1)(\ln(F(x_i)) + \ln(1 - (F(x_{n-i+1}))))$$

Onde $\{x_{(1)} < \dots x_{(n)}\}$ são as amostras de tamanho n e $F(x)$ é a função que segue uma distribuição específica (cumulativa). A hipótese nula é rejeitada se AD for um valor maior do que AD_α (Engmann et al., 2011).

Independência dos dados

Se os dados forem independentes significa que não existe auto correlação significativa entre esses dados, ou seja, o valor que a variável X toma no instante t não depende do seu valor no instante $(t-1)$ nem em qualquer instante desfasado de k instantes $(t-k)$. Para testar tal ocorrência, pode se aplicar a função de Auto Correlação e a função de Auto Correlação Parcial (Pereira et al., 2012).

2.4.2. Capacidade de processos

As cartas de controlo mostram se o processo está sob controlo estatístico, se assim for, também é necessário saber se o processo tem capacidade de produzir de acordo com as

especificações estabelecidas para o produto. As especificações impostas devem sempre ponderar se o processo é ou não capaz de produzir de acordo com elas (Pereira et al., 2012).

Então, a análise da capacidade de um processo consiste em comparar a distribuição de uma determinada característica do produto com as especificações previamente estabelecidas. Esta análise é importante para a melhoria da qualidade, uma vez que permite prever se o processo é capaz de produzir de acordo com as especificações e ajuda a reduzir a variação de um processo (Pereira et al., 2012).

2.4.2.1. Índices de Capacidade do processo para dados normalmente distribuídos

Os índices de capacidade de um processo permitem avaliar se um processo está a produzir face à especificação técnica. Assumindo distribuição normal, considera-se uma variação aceitável para o processo de 6σ , ou seja, 99,73% dos valores de uma determinada característica estão entre $\mu \pm 3\sigma$ (Pereira et al., 2012).

Existem três gerações de índices de capacidade, sendo o de primeira geração, o C_p , índice de capacidade potencial. Este é para casos em que a especificação é bilateral. Um valor aceitável para este é de 1.33, mas por exemplo, para a filosofia Seis Sigma a capacidade exigida é de 2 (Pereira et al., 2012).

No entanto, a média do processo, mesmo tendo uma capacidade de 1.33, pode não ser centrada. Para isso, existem outros indicadores de desempenho, índices de segunda geração, C_{pk} e C_{pm} , que não consideram só a dispersão, mas também a localização da média. No caso do C_{pk} , o processo é capaz, se o valor for igual ou superior a 1.33 e estará centrado no valor nominal se $(C_{pk})_I = (C_{pk})_S$. Se a especificação for unilateral, a característica pode ser do tipo “quanto maior melhor”, $(C_{pk})_S$, ou “quanto menor melhor”, $(C_{pk})_I$, sendo que para estes casos basta que a capacidade seja maior ou igual a 1.25. Por outro lado, o índice C_{pm} , considera o desvio da média ao valor nominal, T , da característica (Pereira et al., 2012).

Por último, o índice de terceira geração, C_{pmk} , é semelhante aos anteriores, sendo que considera também o desvio da média ao valor nominal (Pereira et al., 2012).

Na tabela 2.10., encontram-se as equações respetivas a cada um dos índices referidos anteriormente.

Tabela 2.9 – Índices de Capacidade para distribuição Normal adaptado de (Pereira et al., 2012).

Índice	Fórmula
C_p	$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$
C_{pk}	$C_{pk} = \frac{\min(LSE - \mu, \mu - LIE)}{3\sigma}$
C_{pm}	$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$
C_{pmk}	$C_{pmk} = \frac{\min(LSE - \mu, \mu - LIE)}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$

Quando os dados não são normalmente distribuídos pode-se optar pela transformação dos mesmos. Com os dados normais, deve-se analisar a variável transformada nas cartas de controlo e verificar se o processo encontra-se sob controlo estatístico, se sim, analisa-se a capacidade com as equações anteriores. Também existem outras opções na literatura (Pereira et al., 2012).

3. Caso de estudo

Neste capítulo, será descrita a empresa na qual decorreu esta dissertação e o local onde se concentrou o estudo deste trabalho, a linha de produção de tortas. Serão descritos todos os processos envolvidos no funcionamento da linha, incluído os seus controlos. No final deste capítulo, será ainda explicado o projeto de melhoria contínua já iniciado na linha das tortas e as implementações de melhoria já efetuadas. Por último, é descrita a problemática em estudo desta dissertação.

3.1. Dan Cake

A *Dan Cake* (Portugal) S.A. é uma empresa portuguesa fundada em 1978 e desenvolve a sua atividade no setor alimentar nacional e internacional. Os produtos que são produzidos e vendidos são dos mais variados, sendo que a *Dan Cake* apresenta um amplo portefólio adequado às necessidades dos consumidores, em que 75% desta produção é exportada. De entre todos os produtos que são vendidos: biscoitos, bolachas, tostas, bolos e outros produtos de pastelaria, a *Dan Cake* exporta para 71 países.

Em relação aos locais de produção, existem duas instalações fabris em Portugal, uma na Póvoa de Santa Iria e outra em Coimbra, com uma capacidade instalada de 55 mil toneladas.



Figura 3.1 - *Dan Cake* – Fábrica na Póvoa de Santa Iria (Dan Cake S.A. (Portugal), 2017)

A fábrica na Póvoa de Santa Iria tem 10 linhas de produção sendo os principais produtos: bolachas, folhados, *crackers*, bolos familiares, tortas e tostas. Esta fábrica tem uma capacidade por ano de 32 mil toneladas.

A fábrica em Coimbra tem 9 linhas de produção sendo os principais produtos: *butter cookies*, *american cookies*, *brownies*, palitos, *croissants*, *waffles*, pipocas e queques. Esta fábrica tem uma capacidade de 23 mil toneladas por ano.

Todas as linhas nas fábricas são numeradas e representam um tipo de produto a ser feito.

3.2. Linha 4

A linha 4 é a linha de produção de tortas da *Dan Cake* e é onde se centrará o estudo desta dissertação. É a linha mais antiga da fábrica, sendo que as tortas foram o primeiro produto a ser comercializado pela empresa, mesmo assim, é já uma linha bastante automatizada.

3.2.1. Descrição do produto

São produzidos diversos tipos de tortas que diferem entre si em termos do tipo de massa (baunilha ou cacau), creme (baunilha, leite, cacau com leite e cacau com avelã) e recheio (doce de morango ou doce de frutos silvestres) e se têm ou não cobertura de cacau e decoração (chocolate suadâneo ou leite). Para além das opções vendidas pela marca, a *Dan Cake* tem ainda a capacidade de produzir produtos específicos para cada cliente e com as combinações que este especificou. Na tabela 3.1., encontram-se especificadas todas as tortas produzidas atualmente para a *Dan Cake* e para os seus clientes.

Tabela 3.1 - Tipos de tortas produzidas na Dan Cake

Tipo de Torta	Cliente	Massa	Creme	Doce	Cobertura	Decoração
Torta com recheio de baunilha	Dan Cake	Baunilha	Baunilha	Não	Não	Chocolate Sucedâneo
Torta com recheio de morango	Dan Cake	Baunilha	Baunilha	Preparado de Morango	Não	Não
	Marcas Próprias				Não	Chocolate Sucedâneo
					Sim	Chocolate Sucedâneo
Torta de recheio de morango com cobertura	Dan Cake	Baunilha	Baunilha	Preparado de Morango	Sim	Não
Torta com cobertura de cacau e recheio de leite	Dan Cake	Cacau	Leite	Não	Sim	Leite
	Marcas Próprias					
Torta com recheio de cacau	Dan Cake	Cacau	Cacau com leite	Não	Não	Chocolate Sucedâneo
Torta com recheio de chocolate e avelã	Dan cake	Baunilha	Cacau com avelã	Não	Não	Chocolate Sucedâneo
Torta de recheio de frutos vermelhos	Dan Cake	Baunilha	Baunilha	Preparado de frutos silvestres	Não	Chocolate Sucedâneo
Torta de maçã canela	Dan Cake	Baunilha	Baunilha	Preparado Maçã-canela	Não	Não

Todas as tortas mencionadas na tabela 3.1. têm um peso líquido de 300 gramas, sendo que por vezes podem ser fabricadas com um peso líquido de 405 gramas consoante o cliente.

Outra característica física das tortas é o seu comprimento após o enrolamento. Para tortas de 300 gramas devem medir 217 ± 1 mm, e para tortas de 405 gramas devem medir 275 ± 1 mm.

As tortas são embaladas em película de polipropileno e suspensas numa base de papel canelado, sendo a validade deste produto é de quatro meses (desde a data de produção).

3.2.2. Processo de fabrico

O processo de fabrico das tortas inicia-se na zona de massas. São pesados manualmente no local os ingredientes de menores quantidades e colados na batedeira (misturadora). Posteriormente, são descarregados, automaticamente, dos silos os ingredientes de maiores quantidades como farinha, açúcar, água, fermento, etc., para a mesma batedeira, onde os ingredientes são batidos durante um certo período de tempo e consoante a massa.

Como referido anteriormente, a *Dan Cake* possui vários tipos de tortas e, como consequência existem várias receitas. Podemos distinguir quatro tipos de massa: massa de cacau e baunilha para as marcas da *Dan Cake* e massa de cacau e baunilha para as outras marcas (Marca Própria).

Aquando, o final do batimento, a massa formada é transferida para um depósito intermédio e é, posteriormente incorporada com ar para esta ficar mais leve.



Figura 3.2 – Batedeira (esquerda) e misturadora do ar (direita)

O produto formado é constantemente depositado numa tela em movimento, previamente untada com óleo desmoldante, de modo a que se forme um filme contínuo de massa ao longo da tela em movimento. É ainda aplicado granel continuamente por cima do filme de massa crua.



Figura 3.3 - Depósito de Massa sobre a Tela (régua depositadora)

Após a aplicação do granel, a massa entra no forno onde passa por quatro câmaras de cozimento, cada uma com uma temperatura adequada ao tipo de massa a cozer (massa branca ou massa escura). À saída do forno, existem quatro lâminas de corte que cortam a massa longitudinalmente em três tiras iguais sendo, adicionalmente, cortadas duas tiras nas bordas exteriores esquerda e direita da massa para aparar esta. As tiras cortadas das bordas serão moídas e reaproveitadas para fazer o granel a colocar em cima da massa crua.

De seguida, a massa continua o seu trajeto onde é arrefecida naturalmente ao longo de uma tela de rede metálica em movimento. No fim do trajeto, a massa é virada ao contrário para

ser colocado o xarope de açúcar, este é colocado por torneiras (duas para cada tira) que se movimentam num ziguezague pausado de modo a cobrir a quantidade certa para uma torta, o creme, também por adicionado por torneiras de modo contínuo, e, se for uma torta com recheio, o doce, sendo este adicionado também por torneiras contínuas.

Após serem adicionados os cremes e recheios, as três fileiras de tortas são enroladas através de uma máquina enroladora ficando com a forma de um cilindro contínuo que é cortado na medida certa do tamanho de uma torta.

Se aplicável, é colocada uma cobertura e decoração. A cobertura é colocada através de um depósito sobre a tela na qual a torta passa e é banhada por chocolate. A decoração, também é colocada através de um depósito situado acima da tela e no qual efetua movimentos em ziguezague de forma a criar a decoração em fio na torta.

Com as tortas já formadas, estas entram num túnel de refrigeração de modo a solidificar a cobertura e a decoração. À saída do túnel, as tortas são alinhadas numa única fila e seguem para o embalamento.

Antes de colocadas na embalagem final, é colocado um canelado por baixo da torta que é cortado à medida, sendo que as tortas caem, uma por uma, sobre o respetivo cartão. De seguida, são pulverizadas com o spray de álcool alimentar, o qual serve como agente antibacteriano, e são, no fim, embaladas com uma película de polipropileno.

Cada embalagem passa por um controlador de peso e detetor de metais (PCC), sendo que qualquer peso inferior ao estabelecido é rejeitado e, igualmente, se algum metal for detetado também é rejeitado. No final do turno ou mudança de produto, a máquina fornece os dados do peso médio, do desvio padrão, da percentagem de porção boa e da percentagem aceite de tortas entre 282 e 291 gramas.

Depois de embaladas, as tortas são agrupadas em caixas de cartão com, normalmente, seis tortas cada. Cada caixa é empilhada numa paleta. As paletes são armazenadas e, posteriormente, expedidas.

Na figura 3.4., 3.5. e 3.6, encontram-se o fluxograma resumo e o layout da linha com as zonas especificadas descritas acima, respetivamente.

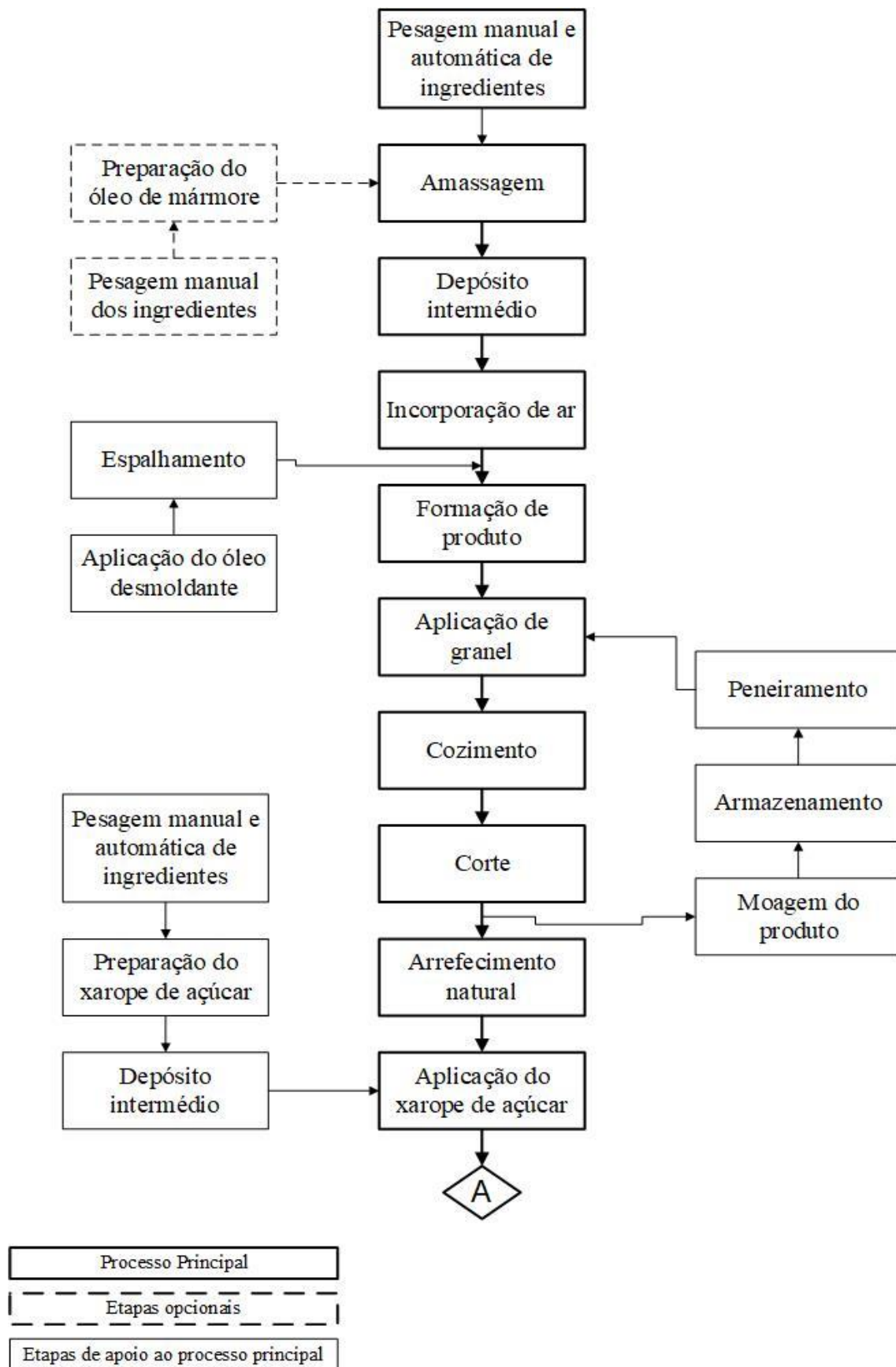


Figura 3.4 – Fluxograma resumo do processo de produção da linha 4

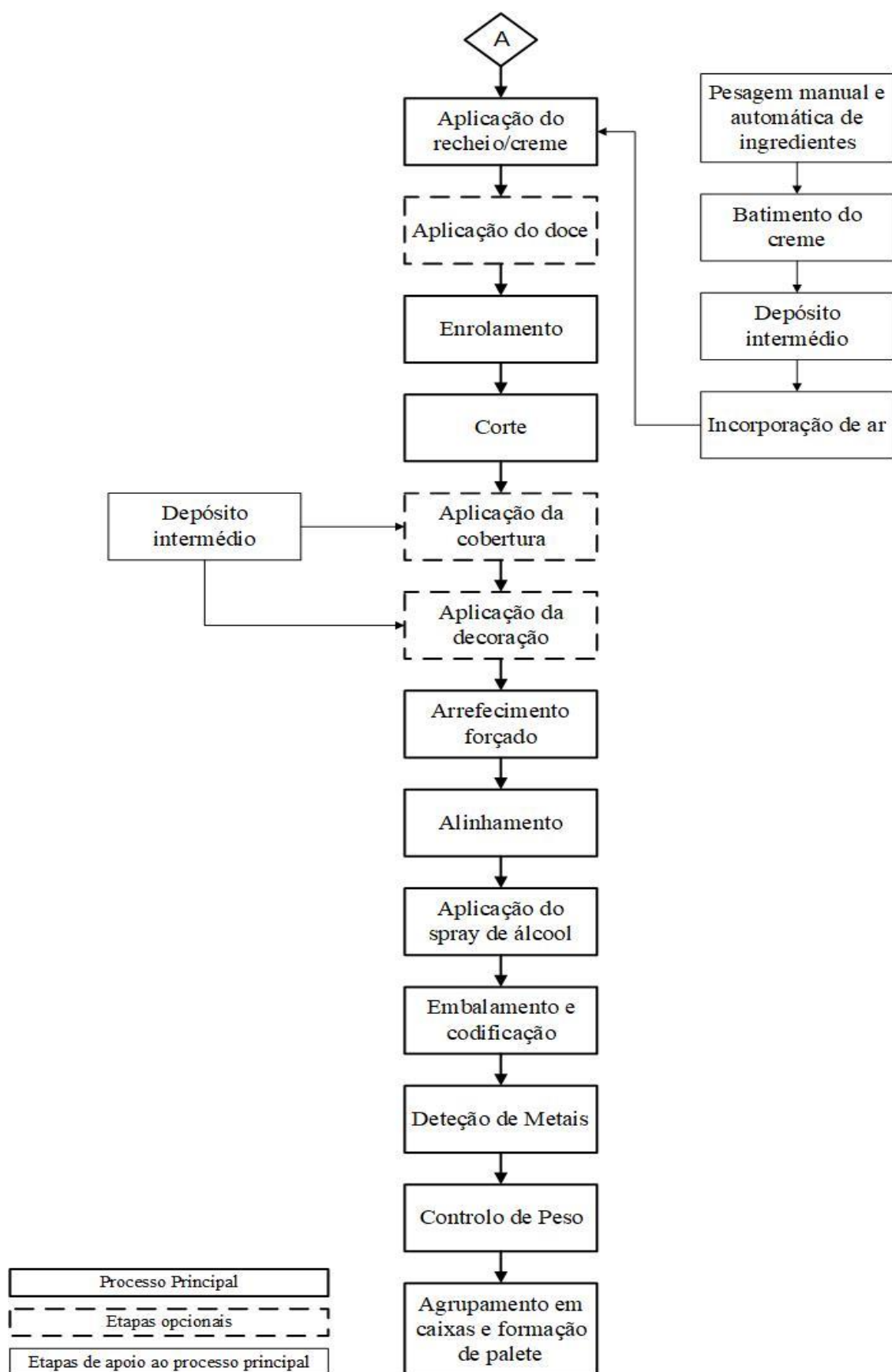


Figura 3.5 - Fluxograma resumo do processo de produção da linha 4 (continuação)

3.2.3. Controlos da Linha

De modo a que o processo se encontre dentro dos parâmetros e normalizado, é necessário efetuar controlos em vários pontos da linha.

Na figura 3.6., encontra-se representado o layout da linha, em que nos pontos assinalados com A, B, C, D e E são efetuados controlos constantes e registados em fichas específicas de controlo em cada fase. Se algum valor se encontrar fora do comum são efetuadas logo ações de melhoria.

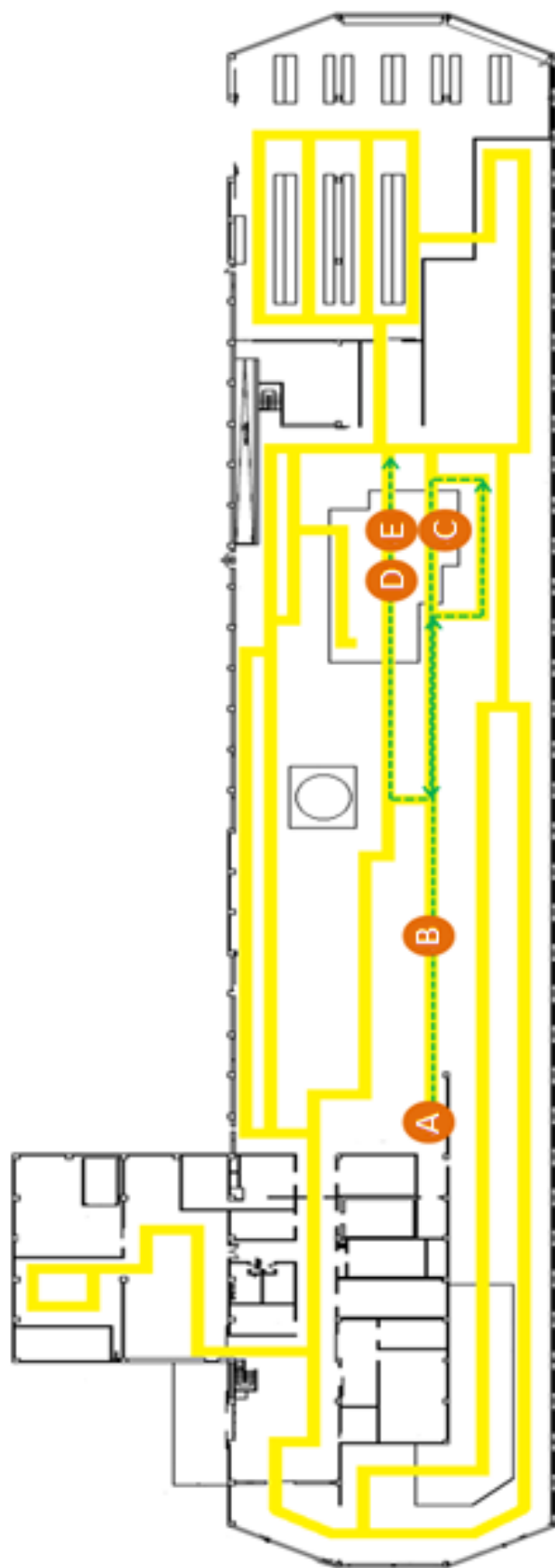


Figura 3.6 - Layout da Linha 4. Legenda: A – Zona das Massas; B – Zona de Cozedura; C – Zona dos Recheios; D – Zona de Embalamento; E – Zona de Indicadores.

Na zona A, zona das massas, é feito um controlo da densidade, tanto na bateadeira, como à saída da depositadora de massa. Para este controlo é utilizado, um copo de medida que é enchido com a massa crua e retirado qualquer excesso, sendo este copo posteriormente tarado. Como o volume é fixo (copo), e é pesada a massa dentro deste, consequentemente obtemos a densidade. Ainda, é medida a temperatura da massa, com um termómetro, na bateadeira, e, à saída da massa da depositadora, é medida a altura em três locais. Todos estes controlos já têm estipulados no registo os limites mínimos e máximos que devem ter.

No caso da densidade, quando esta, à saída da tela, não se encontra dentro dos limites, são efetuadas alterações ao regulador do ar (figura 3.7.), que tem uma ajuda visual para rodar o botão consoante for necessário aumentar ou diminuir a densidade; maior caudal de ar, menor densidade na massa e menor caudal de ar, maior densidade na massa.



Figura 3.7 - Regulador do ar – medidor de fluxo

No caso da altura da massa, quando esta não se encontra dentro dos limites, são efetuadas alterações na régua depositadora (tabela 3.2.). A régua depositadora tem uns pistões ao longo da régua que podem ser ajustados com uma chave de bocas e que afetam a distribuição da massa na

tela. A abertura ou fecho de um pistão irá afetar a altura (peso) no lado da tela a que corresponde o pistão (figura 3.8.).

Tabela 3.2 – Posição dos pistões



Pistão aberto	Pistão fechado
	



Figura 3.8 – Ajuste dos pistões

Na tabela 3.3., encontra-se um resumo dos controlos efetuados na zona A.

Na zona B, zona de cozedura é feito um controlo à temperatura dos queimadores. Existe uma ajuda visual junto aos queimadores (figura 3.9.), com os valores de temperatura a que estes devem-se encontrar, consoante o tipo de massa, sendo que estes valores são registados duas vezes ao turno ou na mudança de produto ou sempre que haja correções na temperatura.

De duas em duas horas, também é efetuado um controlo da humidade da massa, se esta se encontrar fora dos limites são ajustadas a temperaturas dos queimadores (figura 3.9.).

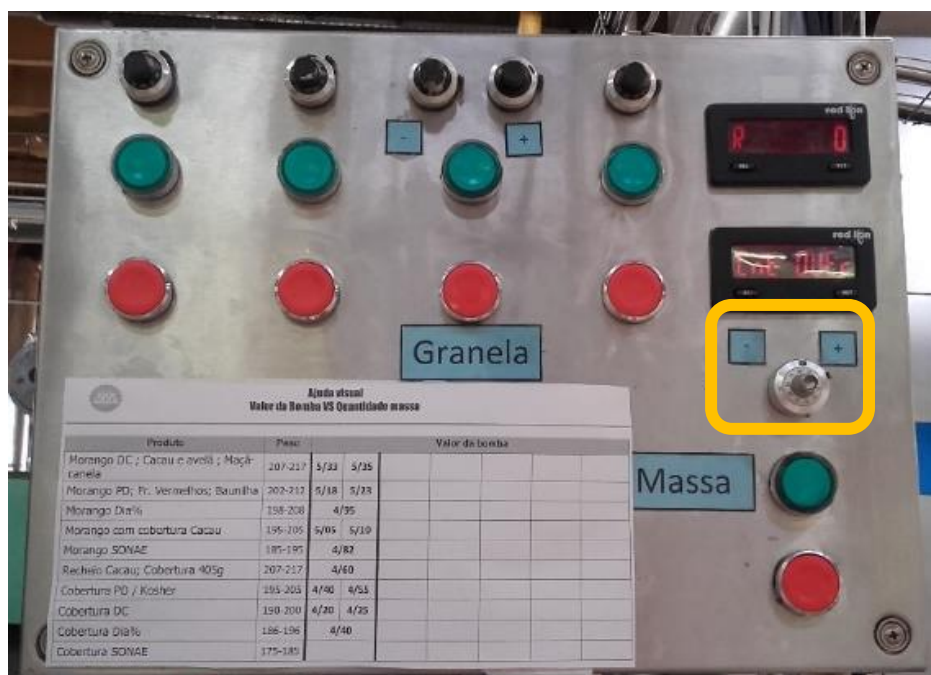


Figura 3.11 - Paine de Controlo – ajuste da velocidade da bomba (assinalado a amarelo)

Na tabela 3.4., encontra-se um resumo dos controlos efetuados na zona B.

Na zona C, zona dos recheios, são aplicados o xarope de açúcar, o creme e o doce, consoante o tipo de produto. Estes componentes, antes da sua entrada na fase de formação da torta, ou seja, no seu próprio fabrico e depósitos intermédios, são controlados em termos de temperatura e densidade, entre outros. Mas quando entram na linha é necessário saber se a sua quantidade no produto está dentro dos limites, logo, têm de ser pesados à sua saída, sendo que no creme ainda existe um controlo da densidade à saída deste para a torta.

Após a colocação do xarope, creme e doce, e a torta ser enrolada e cortada é feito um controlo ao peso da torta e, se aplicável, também é pesada a torta após cobertura e após decoração para saber que quantidade destes está a ser colocada na torta e se se encontra dentro dos limites. O comprimento da torta também é controlado no início ou mudança de turno.

Para todos estes controlos existe uma folha de controlo de cada, onde são registados os valores e, se necessário, são tomadas medidas para que estes se encontrarem dentro dos limites estipulados.

Na tabela 3.5. e 3.6., encontra-se um resumo dos controlos efetuados na zona C.

Na zona D, zona de embalagem, é controlada a quantidade de spray de álcool que é aplicada nas tortas. Já depois de embalada, é também é feito um controlo da marcação do lote e validade.

Por último, também existe o controlo da embalagem individual quando esta passa pelo detetor de metais (PCC), em que são colocadas três barras padrão metálicas numa torta (ferroso, não ferroso e aço inoxidável) e são passadas pela máquina para verificar se esta rejeita essas tortas. Esta mesma máquina, automaticamente, faz o controlo do peso das tortas, com um intervalo de aceitação a partir de 291 gramas, também aceita tortas entre os 282 e os 291 gramas até 2,5%, sendo que rejeita quando atingido esse limite. Contudo deve-se verificar o controlo deste, comparando o peso fornecido com uma balança estática calibrada ($\leq 1,8$ g) e a verificação do peso de cinco unidades, a sua média e desvio padrão.

Na tabela 3.7, encontra-se um resumo dos controlos efetuados na zona D e na tabela 3.8., os controlos efetuados para a zona E.

Tabela 3.3 - Resumo - controlos efetuados na linha 4 na zona A

Zona	Fase do Processo	Tipo de Controle	Parâmetros de referência		Frequência
A	Amassagem	Densidade da massa na batedeira	94-100 g/dL		Por massa
		Temperatura da massa na batedeira	19-22 °C		
	Formação do Produto	Densidade da massa na depositadora	Massa branca	71±1 g/dL	Horária ou na Mudança de produto
			Massa escura	74±1 g/dL	
		Altura da massa	4,5 – 5 mm		2 em 2 horas ou na mudança de produto

Tabela 3.4 - Resumo - controles efetuados na linha 4 na zona B

Zona	Fase do Processo	Tipo de Controlo	Parâmetros de referência	Frequência	Zona	Fase do Processo
B	Cozedura	Temperaturas dos queimadores (°C)		Massa branca	Massa escura	2 vezes por turno ou na mudança de produto ou sempre que haja correções na temperatura
			1.º Queimador	250±10	240±10	
			2.º Queimador	240±10	230±10	
			3.º Queimador	210±10	175±10	
			4.º Queimador	175±10	145±10	
	Saída do Forno	Peso da massa	Massa Branca			Horária
			Dan Cake - Recheio de Morango, de cacau e avelã ou maçã-canela		212±5 g	
			Marca própria 1 – recheio de morango e Dan Cake – recheio de frutos vermelhos ou baunilha		207±5 g	
			Marca Própria 2 - recheio de morango		203±5 g	
			Dan Cake – recheio de morango com cobertura de cacau		200±5 g	
			Marca própria 3 – recheio de morango		190±5 g	
			Marca própria 1 – recheio de morango 405 g		217±5 g	
			Massa escura			
			Marca própria 1 –Cacau 405 g		212±5 g	
			Marca própria 1-Cobertura de Cacau		200±5 g	
			Dan Cake–Cobertura de Cacau		195±5 g	
			Marca própria 2 - Cobertura de Cacau		191±5 g	
			Marca própria 3 – Cobertura de cacau		180±5 g	
			Humidade	21,5±1,5 %		

Tabela 3.5 - Resumo - controles efetuados na linha 4 na zona C

Zona	Fase do Processo	Tipo de Controle	Parâmetros de referência	Frequência	Zona	
C	Cremes e Recheios	Peso do xarope de açúcar	Massa Branca– <i>Dan Cake</i> e Marca Própria 1	8±1 g	Horária	
			Massa escura- <i>Dan Cake</i>			
			Massa escura 405 g – Marca própria 1			
			Massa Branca–Marca própria 2	12±1 g		
			Massa escura– Marca própria 2			
			Massa Branca- Marca própria 3	30±1 g		
			Massa escura– Marca própria 3	10±1 g		
			Massa escura– Marca própria 1			
		Densidade do creme nos bicos	Máximo	78 g/dL		
			Nominal	76 g/dL		
			Mínimo	72 g/dL		
		Peso do creme de baunilha	<i>Dan Cake</i> – recheio de baunilha	85±3 g		
			<i>Dan Cake</i> – recheio de morango, frutos vermelhos e maçã canela	40±2 g		
			<i>Dan Cake</i> – recheio de morango com cobertura de cacau	25±3 g		
			Marca própria 1 – recheio de morango 405 g	55±2 g		
			Marca própria 1 e 2 – recheio de morango	50±2 g		
			Marca própria 3 – recheio de morango	45±2 g		
			Marca própria 1, 2 e 3 e <i>Dan Cake</i> – Cobertura de cacau	60±2 g		
			Marca própria 1 – Cacau 405 g	60±2 g		
		Pesos do creme de cacau e avelã	80±3 g			
		Peso do Doce	<i>Dan Cake</i> – recheio de morango, frutos vermelhos e maçã canela	45±2 g		
			<i>Dan Cake</i> – recheio de morango com cobertura de cacau	35±2 g		
			Marca própria 1 – recheio de morango 405 g	40±2 g		
			Marca própria 1 e 2– recheio de morango	35±2 g		
		Comprimento da torta	Tortas de 300 g	217±1 mm		Início do turno ou mudança de peso
			Tortas de 405 g	275±1 mm		

Tabela 3.6 - Resumo - controles efetuados na linha 4 na zona C (continuação)

Zona	Fase do Processo	Tipo de Controlo	Parâmetros de referência		Frequência
C	Cobertura e Decoração	Peso das tortas antes da decoração	Massa Branca		Horária
			<div> <div> Marca própria 1, 2 e 3 – recheio de morango; <i>Dan Cake</i> – recheio de frutos vermelhos e cacau e avelã </div> <div> 295±1 g </div> </div>		
			<div> <div><i>Dan Cake</i> – recheio de morango e maçã- canela</div> <div>300±1 g</div> </div>		
			<div> <div><i>Dan Cake</i> – recheio de baunilha</div> <div>295±1 g</div> </div>		
		Peso antes da cobertura	<div> <div><i>Dan Cake</i> – recheio de morango com cobertura de cacau</div> <div>263±5 g</div> </div>		
		Peso das tortas antes da cobertura e da decoração	Massa Escura		
			<div> <div> Marca própria 2 e 3 e <i>Dan Cake</i> – Cobertura de cacau </div> <div> 258±5 g </div> </div>		
			<div> <div> Marca própria 1 – Cobertura de cacau </div> <div> 445±5 g </div> </div>		
		Peso da cobertura	<div> <div><i>Dan Cake</i> – recheio de morango com cobertura de cacau</div> <div>37±5 g</div> </div>		
			<div> <div> Marca própria 2 e 3 e <i>Dan Cake</i> – Cobertura de cacau </div> <div> 37±5 g </div> </div>		
			<div> <div> Marca própria 1 – Cobertura de cacau </div> <div> 30±5 g </div> </div>		
		Peso da decoração	5±1 g		

Tabela 3.7 - Resumo - controles efetuados na linha 4 na zona D

Zona	Fase do Processo	Tipo de Controle	Parâmetros de referência	Frequência
D	Embalagem	Marcação do lote e validade	Recortar um exemplo	Horária ou mudanças
		Quantidade de spray de álcool	15±0,5 mL	Início do turno, de 2 em 2 horas, mudança de produto ou no fim da produção

Tabela 3.8 - Resumo - controles efetuados na linha 4 na zona E

Zona	Fase do Processo	Tipo de Controle	Parâmetros de referência	Frequência
E	Controle do peso	Peso do produto acabado (5 unidades), incluindo média e desvio padrão		Horária
		Verificação da balança com uma balança estática calibrada	≤1,8 g	
	Controle do PCC	Verificação do controlador de metais	Colocação de 3 barras padrão (ferroso, não ferroso e aço inox)	Horária

3.3. Melhoria Contínua na *Dan Cake*

A intensa concorrência no mercado alimentar levou à implementação da melhoria contínua na *Dan Cake*, em 2010, com o *Kaizen*, introduzindo uma nova visão, com uma maior normalização dos processos e maior responsabilidade das pessoas. Existiu a necessidade de recorrer a ferramentas de melhoria contínua (*5S*, *Kobetsu*, *Smed*, *Standard Work* e *Kaizen* Diário) para criar valor para o cliente, eliminar desperdício, envolver todos os trabalhadores, procurar o *Gemba* (local onde se acrescenta valor) e utilizar a gestão visual (Coimbra, 2010).

Atualmente, desde 2016, a *Dan Cake* começou a introduzir algumas metodologias e ferramentas do Seis Sigma, com a formação equipas de projeto e a utilização da DMAIC.

3.3.1. *Overall Equipment Effectiveness (OEE), Sobrepeso e Desperdício*

A OEE é uma ferramenta implementada na empresa para avaliar a produtividade e a eficiência das linhas de produção da *Dan Cake*. Os dados, para o cálculo desta, são recolhidos de forma manual para um ficheiro de Excel que calcula, para além da OEE, o sobrepeso e o desperdício. Este cálculo é efetuado para cada linha e pode ser avaliado por dia, semana ou mês.

3.3.1.1. *Linha 4*

A existência de um projeto de melhoria contínua na linha das tortas teve início no final do ano de 2016, em que foi analisado custo adicional da OEE, do sobrepeso e do desperdício do primeiro trimestre desse ano.

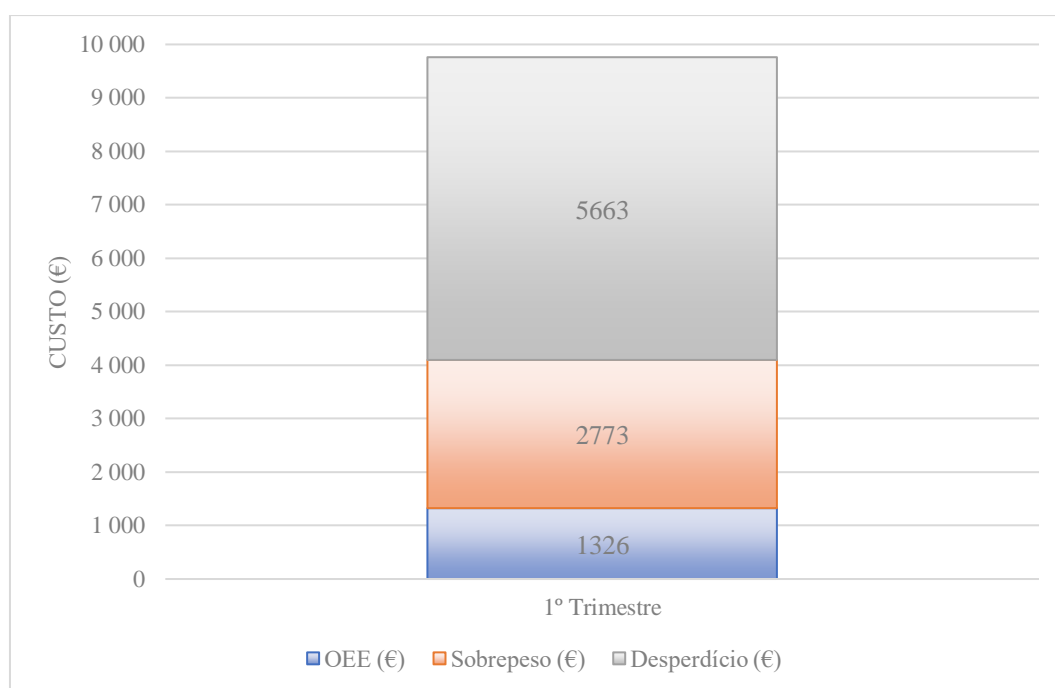


Figura 3.12 – Custo adicional da OEE, sobrepeso e desperdício do 1.º Semestre de 2016

Da análise ao gráfico da figura 3.12, concluiu-se que para o primeiro semestre de 2016 existia um custo adicional total de 9 761 euros, sendo o principal contribuidor para esse custo era o desperdício (58% - figura 3.13.).

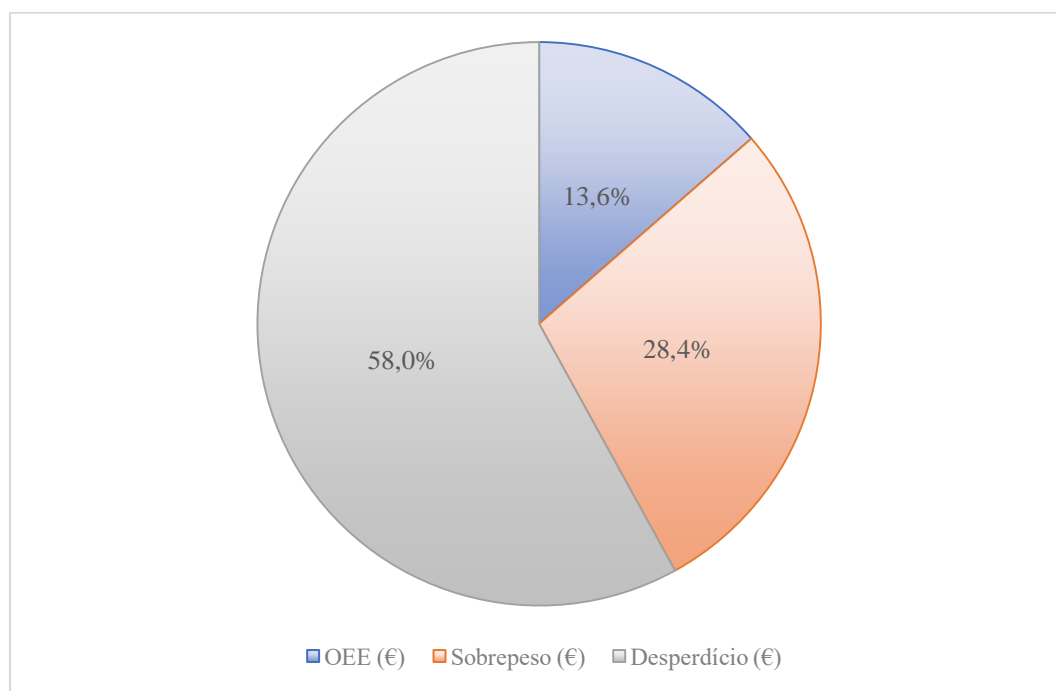


Figura 3.13 – Custo adicional em percentagem no 1.º trimestre de 2016

O desperdício é composto, maioritariamente, pela quantidade desperdiçada ao longo do processo e dos pesos leves rejeitados do produto final.

Sabendo que, cerca de 1 612 euros correspondiam ao custo adicional dos pesos leves no primeiro trimestre de 2016 e que, somado ao sobre peso obtinha-se um custo adicional de 4 385 euros, então o custo adicional relacionado com o peso era cerca de 48%. Uma vez que, numa torta, o principal contribuidor para o peso é a massa (tabela 3.9.), existe uma oportunidade de melhoria associada à variabilidade dos pesos da massa.

Tabela 3.9 – Contribuição em percentagem de cada constituinte de uma torta

Principais constituintes de uma torta	Contribuição de peso (%)
Massa	67
Recheio/creme	17
Doce	12
Xarope	4

As principais medidas tomadas para resolver esta problemática até ao início desta dissertação foram:

- Fixação das lâminas, que cortam a massa longitudinalmente, à saída do forno – antes encontravam-se na tela de arrefecimento, antes dos recheios, e quando havia oscilações na tela havia cortes que ficavam mais pequenos prejudicando o peso da massa – pesos leves.
- Instruções nos tempos de batimento da massa crua – normalização do processo de amassagem.
- Início de um histórico de velocidade de bomba na zona das massas e na zona dos recheios.

3.4. Problemática em estudo

Na continuação dos projetos de melhoria continua na linha das tortas da *Dan Cake* relacionados com o peso da massa, o presente estudo abordou os desvios que ainda são observados regularmente nos pesos da torta à saída do forno.

Como referido anteriormente, de frequência horária, são retiradas três amostras do tamanho equivalente à quantidade de massa numa torta e que dão a resposta de quanto pesa a massa na torta, nos três lados da tela (esquerda, centro e direita). Uma vez que se trata de uma linha que produz vários produtos existem limites de especificação para cada um e, ao qual, o peso deve-se encontrar dentro desses. No entanto, existem variações que fazem com que o peso esteja fora desses limites. Um dos objetivos deste estudo é perceber quais são as variáveis mais importantes que contribuem com variação para o processo e atuar nelas para reduzir essa variação.

Nesta parte do processo, existem folhas de controlo onde são apontadas as medições do peso. Se alguma destas medidas estiver fora dos limites de especificação, os operadores da linha atuam de maneira a tentar que o peso fique dentro desses limites, mas não descobrem o porquê

de, com as mesmas condições anteriores, o peso diminui ou aumenta significativamente. Isto acontece com alguma frequência.

Com esse propósito, recorreu-se à metodologia DMAIC para iniciar um projeto, passando por todas as fases, para tentar chegar à causa raiz do problema de variabilidade e implementar melhorias. Sendo que, recorreu-se, também, à utilização de a cartas de controlo, uma vez que não são aplicadas naquela zona, para monitorizar o processo e medir a sua capacidade.

4. Materiais e Métodos

Neste capítulo serão descritos todos os passos para elaborar os métodos práticos e estatísticos descritos, assim como os materiais utilizados em ambos.

4.1. Métodos Práticos

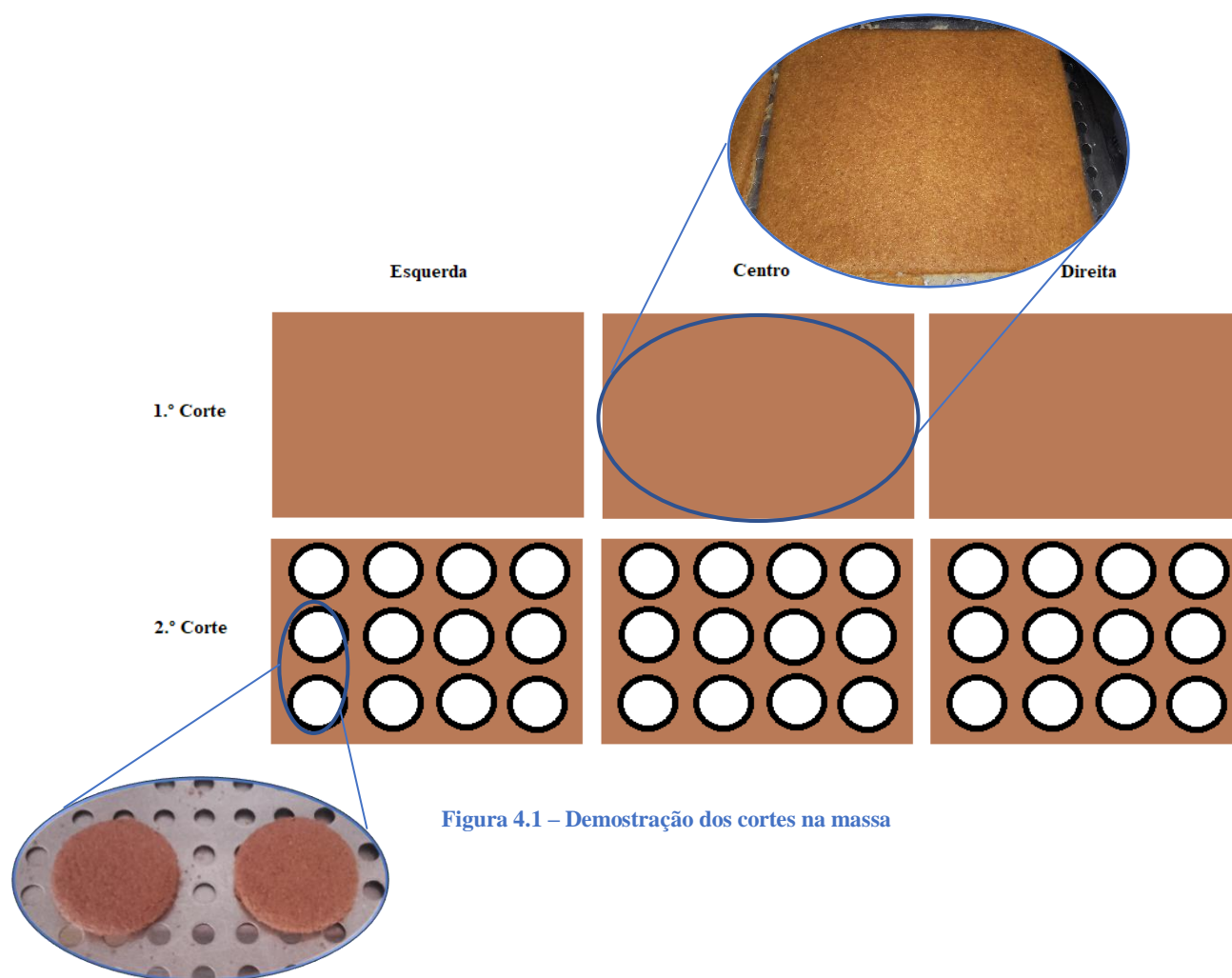
4.1.1. Método 1 – Pesagem das “bolachas” nos cortes retangulares

4.1.1.1. *Materiais:*

- Balança
- Ferramenta de corte retangular 30×22 cm (Anexo I – figura I.1)
- Ferramenta de corte circular de diâmetro 5,9 cm (Anexo I – figura I.1)
- Tabuleiro de metal
- Espátula metálica

4.1.1.2. *Descrição do método 1:*

1. À saída do forno, cortar três cortes com a ferramenta de corte retangular, um em cada zona da tela (esquerda, centro e direita).
2. Com ajuda da espátula, colocar cada corte no tabuleiro metálico e com a ordem com que sai do forno.
3. Pesar cada corte e registrar o valor.
4. Depois de pesados os cortes retangulares, com a ferramenta de corte circular, cortar doze “bolachas” em cada corte, fazendo três filas na horizontal de quatro “bolachas” (figura 4.1.).
5. Pesar cada “bolacha” numa balança e registrar o valor.



4.1.2. Método 2 – Densidade da massa

4.1.2.1. Materiais:

- Balança
- Raspador
- Copo de 1 dL (Anexo I – figura I.1)

4.1.2.2. Descrição do método 2 (figura 4.2.):

1. Fazer a tara do copo na balança.
2. Após o batimento da massa na batedeira, encher o copo e com o raspador retirar o excesso.
3. Colocar o copo na balança e registrar o valor.



Figura 4.2 – Método 2 – medição da densidade

4.1.3. Método 3 – Viscosidade da massa

4.1.3.1. Materiais:

- Cronómetro digital
- *Gobelés* de 250 mL
- Funil de plástico de 300 mL (Anexo I – figura I.1)
- Espátulas
- Termómetro digital
- Copo de recolha

4.1.3.2. Descrição do método 3:

1. Tirar uma amostra de massa com ar incorporado da linha para um copo.
2. Tapar com o dedo a ponta do funil e encher.
3. Deixar escorrer um pouco de massa para preencher o funil na totalidade e com uma espátula retirar o excesso de massa (figura 4.3.).
4. Colocar um *gobelé* na balança e fazer tara.
5. Com o funil acima do *gobelé*, tirar o dedo ao mesmo tempo que se inicia o cronómetro.
6. Deixar a massa escorrer até atingir os 50 gramas de massa, quando atingida essa meta parar o cronómetro.
7. Registar o valor de tempo e peso.
8. Retirar o *gobelé* da balança e medir a temperatura.

9. Repetir este processo mais duas vezes, lavando e secando o funil sempre que iniciar uma nova medição.
10. Fazer a média das 3 três medições.



Figura 4.3 – Método 3 - Enchimento do funil

4.2. Métodos estatísticos

4.2.1. Método 4 – Construção de cartas X e MR

4.2.1.1. Fase 1:

1. Utilizar um *software* estatístico para construir as cartas X e MR para cada um dos produtos e as suas respetivas características.
2. Eliminar quaisquer pontos fora dos limites de controlo e refazer as cartas sem os pontos eliminados.
3. Utilizando o *software* estatístico, verificar a aleatoriedade dos dados.
4. Também verificar a Normalidade dos dados utilizando o *software* e, se caso não sejam normais proceder à sua transformação.
5. Estimar os parâmetros do processo.
6. Calcular a capacidade do processo e proceder à sua análise.

4.2.1.2. Fase 2:

1. Escolher as cartas para “pequenas produções” que mais se adequam ao processo.
2. Analisar se o processo se encontra sob controlo estatístico.
3. Calcular a capacidade do processo e proceder à sua análise.

5. Resultados e discussão

Neste capítulo, será descrito a discussão dos resultados obtidos, incluindo todos os passos da DMAIC à exceção da fase controlar. É definido o projeto e são feitos estudos relacionados com a variabilidade dos pesos das tortas e os respectivos resultados.

5.1. Gemba Walk

No seguimento dos trabalhos de melhoria contínua da empresa, foi elaborado um *Gemba Walk* diário para acompanhar as linhas de processo da fábrica. O *Gemba Walk* elaborado tem o aspeto de um livro em que no seu interior encontra-se uma *check-list* de pontos importantes a observar nas linhas 1 (bolachas) e 4 (tortas), uma tabela de observações, para apontar eventuais anormalidades, e na parte de trás um *layout* das linhas com a identificação dos pontos importantes para se observar da *check-list*, sendo os tópicos principais: massas, cozedura, recheios, embalagem, indicadores, segurança no trabalho e regras de higiene e segurança alimentar (Anexo I – Figuras I.1. e I.2.).

Uma vez que um *Gemba Walk* serve para tomar conhecimento dos processos e observar as linhas de produção, questionando o que está mal e o que pode ser melhorado, surgiu, da observação da linha das tortas a questão dos pesos da massa e o porquê de estes não serem iguais entre as três tiras longitudinais. Desta forma, iniciou-se um projeto DMAIC para a resolução deste problema.

5.2. Sobrepeso

Atualmente, na *Dan Cake*, existe um problema com o sobrepeso das tortas, sendo que para reduzir este sobrepeso é necessário diminuir a variabilidade associada ao processo de produção. A empresa recebe o mesmo lucro de tortas com sobrepeso e de tortas com o peso normal, logo o sobrepeso acarreta prejuízo. Para as empresas do setor alimentar, existem margens de lucro pequenas e qualquer redução nos custos de produção aumenta essas margens.

Na *Dan Cake*, a percentagem de sobrepeso por dia é calculada da seguinte maneira:

$$\text{Sobrepeso (\%)} = \frac{\text{Sobrepeso (kg)}}{\text{Produção real (kg)}} \times 100\%$$

Nos meses iniciais do decorrer deste trabalho, o estado do sobrepeso por dia de produção de tortas encontra-se representado na figura 5.1. Esta informação irá ser essencial para compreender o estado em que se encontra a linha das tortas.

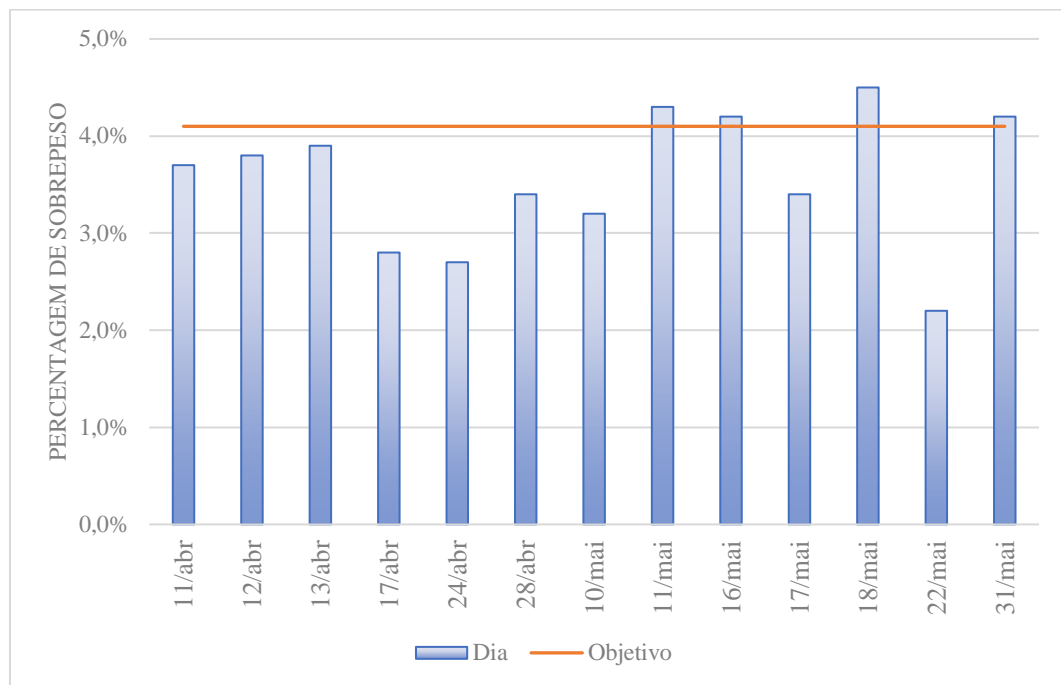


Figura 5.1 - Resultados do sobrepeso para os meses de abril e maio

O objetivo atual da empresa é que o sobrepeso esteja abaixo dos 4,1%, sendo que um dos objetivos deste trabalho é reduzir esse limite. Do gráfico da figura 5.1., podemos observar que existem dias, entre abril e maio, em que foram atingidos os objetivos de sobrepeso, mas que noutros não. À partida os dados do gráfico aparentam bons resultados, mas a variabilidade existente no processo faz com que estes dados não sejam estáveis.

5.3. Definir

O problema inicial apresentado estava relacionado com o peso das três fileiras longitudinais e de acertar estes pesos na régua depositadora de modo a estabilizá-los. Só que rapidamente se apercebeu que sem mexer nas condições iniciais (pistões da régua depositadora, velocidade da bomba e densidade) que o peso variava sem se saber a razão para tal. Este problema afeta o peso nominal da torta final, podendo existir sobrepeso, e aí maiores custos de produção, ou pesos leves, e aí haver produtos não conformes o que resulta em desperdício. Para além de que, se o peso não estiver dentro das especificações, mais à frente no processo existe a necessidade de compensar com a quantidade de cremes e recheios, o que também não é a ação mais conveniente.

De modo a definir, então, o novo projeto relacionado com linha de produção de tortas e a variação de pesos procedeu-se à elaboração de uma carta do projeto para definir todas as condições existentes (tabela 5.1.).

Tabela 5.1 – Carta do projeto adaptado de (Pyzdek T. , 2003)

Nome do projeto:	Estudo da variabilidade dos pesos à saída do forno na linha das tortas.		
Instituição:	<i>Dan Cake</i>		
Local:	Póvoa de Santa Iria		
Data de início do projeto:	06/04/2017		
Data de término do projeto:	31/08/2017		
Objetivo do projeto:	Diminuir a variabilidade dos pesos da massa e uniformizar o peso nas três tiras longitudinais à saída do forno.		
Âmbito do Projeto:	<p>Serão pesadas amostras de massa de cada uma das três tiras longitudinais à saída do forno.</p> <p>Serão procuradas as causas pelas quais os pesos não se mantêm uniformes.</p>		
Métricas do processo:	<p>Sobrepeso</p> <p>Variabilidade</p>		
Benefícios do Projeto:	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuir o desperdício e o sobrepeso • Normalizar do processo 		
Problema(s):	Impossibilidade de acompanhar todas as fases do ciclo DMAIC, principalmente a fase do controlo.		
Tempo:	Fase	Data de início	Data do fim
	Definir	06/04/2017	10/04/2017
	Medir	11/04/2017	31/05/2017
	Analisar	01/06/2017	25/08/2017
	Melhorar	07/06/2017	25/08/2017
	Controlar	-	-

5.4. Medir

Depois de definido o problema, foi necessário medir as métricas para avaliar e validar as causas da variação do peso. Também um acompanhamento regular da linha permitiu avaliar todos os passos que levam à formação da torta e onde se situam os pontos críticos. Nesta fase de medição procedeu-se à recolha dos dados e à verificação destes em cartas de controlo para ver se o processo de encontra sob controlo estatístico e, ainda, foram medidos os índices de capacidade.

5.4.1. Início da Recolha de amostras

Como definido anteriormente, a métrica do processo é a variabilidade do peso da massa à saída do forno. De modo a avaliar as causas da variação deste peso, decidiu-se elaborar cartas de controlo para os produtos da linha, uma vez que estes dados não são acompanhados naquela zona do processo, em termos estatísticos. Para tal utilizou-se o método 1 até ao ponto 3, do capítulo 4, para obter os dados dos pesos e assim elaborar as cartas.

Apenas se utilizou dados que foram observados e não dados históricos, uma vez que é arriscado estimar limites de controlo, na fase 1 do SPC, quando não se sabe em que condições esses dados foram recolhidos. Também é importante reter que os limites de controlo obtidos nada têm a ver com os limites de especificação estipulados pela empresa. Estes irão ser importantes para a medição da capacidade do processo.

5.4.1.1. *Produtos em estudo*

Os produtos que saem normalmente na linha 4 estão presentes na tabela 5.2. com os respetivos limites de especificação. A cada produto foi atribuída uma letra correspondente, sendo que aqueles que têm a mesma especificação e o mesmo tipo de massa foram agrupados numa só letra.

Tabela 5.2 – Produtos da linha 4

Produto Inacabado		Especificação (g)	
Massa Branca		LIE	LSE
A	<i>Dan Cake</i> - Recheio de Morango, de cacau e avelã ou maçã-canela	207	217
B	<i>Dan Cake</i> – recheio de frutos vermelhos ou baunilha	202	212
C	<i>Dan Cake</i> – recheio de morango com cobertura de cacau	195	205
D	Marca Própria 1 – recheio de morango	202	212
E	Marca Própria 1 – recheio de morango 405 g	212	222
F	Marca Própria 2 - recheio de morango	198	208
G	Marca Própria 3 – recheio de morango	185	195
Massa Escura		LIE	LSE
H	<i>Dan Cake</i> – Cobertura de Cacau	190	200
I	Marca Própria 1 - Cobertura de Cacau	195	205
J	Marca Própria 1 - Cobertura 405 g	207	217
K	Marca Própria 2 - Cobertura de Cacau	186	196
L	Marca Própria 3– Cobertura de cacau	175	185

Uma vez que se trata de uma linha que funciona consoante as encomendas e ao longo de três turnos, não foi possível acompanhar todos os produtos sendo que alguns deles tinham poucos dados disponíveis. Por essa razão, apenas foram elaboradas cartas para os produtos A, B, D, F, H e I.

5.4.1.2. Características da Qualidade em estudo

A realização destas cartas serve para estudar o peso da massa à saída do forno, sendo que foi decidido dividir em três características para cada produto, uma vez que quando são efetuadas pesagens da massa, esta é feita em três lados da tela, no lado esquerdo, no lado direito e no centro.

A nomenclatura associada a cada produto e característica encontra-se estipulado na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Nomenclatura das características da Qualidade estudadas

	Tipo de Característica da Qualidade: Peso		
Produto	Esquerda	Centro	Direita
A	AE	AC	AD
B	BE	BC	BD
D	DE	DC	DD
F	FE	FC	FD
H	HE	HC	HD
I	IE	IC	ID

5.4.1.3. Recolha de dados

A recolha de dados foi efetuada utilizando o método 1 até a ponto 3 (capítulo 4), este método já é utilizando na empresa, onde os operários registam a informação sobre os pesos da massa e se necessário efetuam ações para alterar os pesos se estes não se encontrarem dentro dos limites de especificação pré-definidos.

Normalmente, o tempo de intervalo entre a recolha de dados é de hora a hora, mas por vezes, quando são efetuadas correções, deve ser feita uma pesagem novamente. Também, por haver muitas mudanças de produto, com paragens pelo meio, afeta a frequência da recolha de amostras. Um outro ponto importante a referir é que a produção não foi contínua, uma vez que o planeamento de produção se realiza de acordo com as encomendas.

A recolha de amostras acarreta custo de desperdício, uma vez que quando se retira uma amostra, o “caminho” da massa é interrompido e quando esta chega aos enrolamentos, a primeira parte desta não fica conforme e tem de ser retirada. Por esta razão, só foram recolhidas amostras de dimensão 1.

Esta primeira recolha de dados efetuou-se entre abril e maio de 2017, sendo que na tabela 5.4. encontra-se o número de dados para cada produto em causa.

Tabela 5.4 - Número de dados recolhidos por produto

Produto	Número de dados recolhidos
A	41
B	19
D	54
F	14
H	34
I	28

5.4.2. Cartas de Controlo

Nesta etapa, decidiu-se efetuar um controlo estatístico do processo para observar o estado atual deste. Desta forma elaboraram-se cartas de controlo.

5.4.2.1. Fase 1 do SPC

Na fase 1 do SPC, foram elaboradas cartas de controlo de X e MR para todos os produtos em causa e a suas características com o método 4 do capítulo 4. Na figura 5.2., encontra-se o exemplo para o produto A e para as características esquerda (a), direita (c) e centro (b), ou seja, AE, AD e AC. Os resultados para os restantes produtos encontram-se no anexo II – figuras II.1., II.3., II.5., II.7. e II.9.

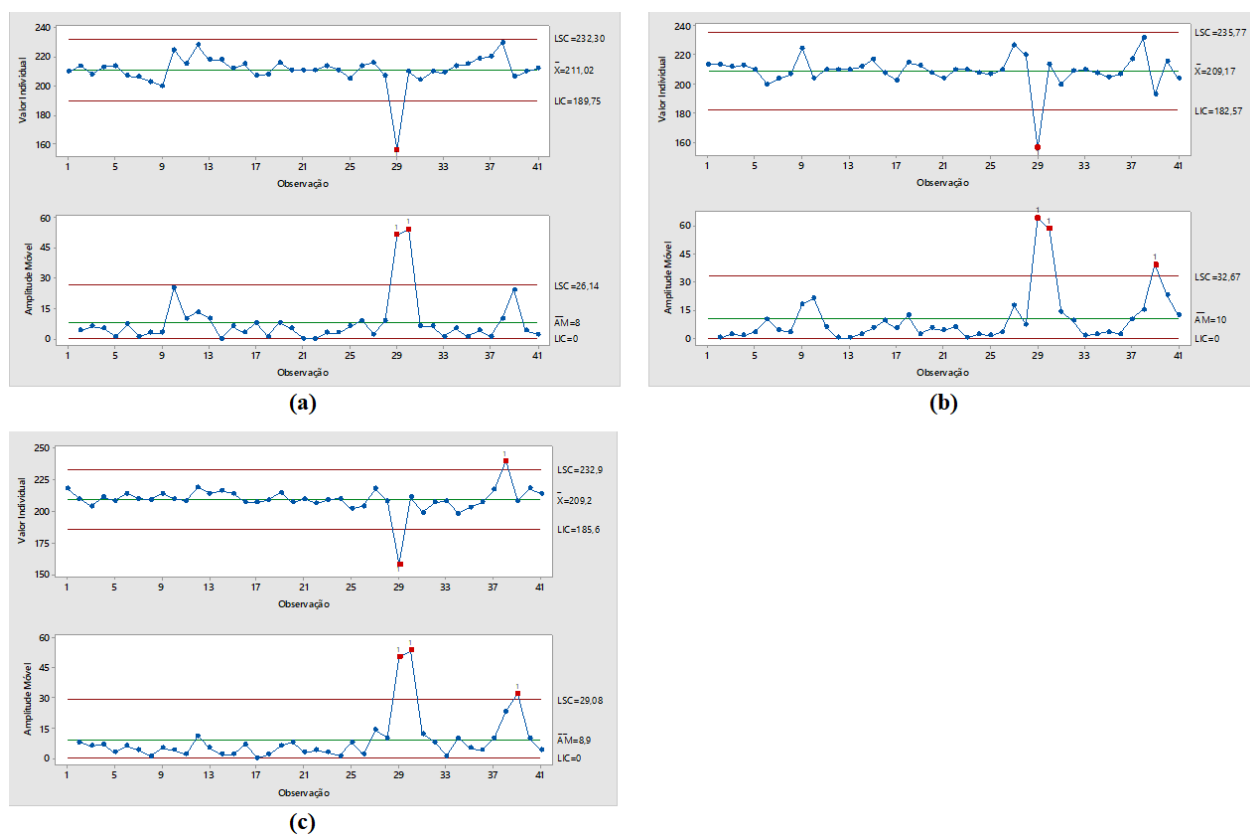


Figura 5.2 - Carta de observações individuais e amplitude móvel da característica AE (a), AC (b) e AD (c)

Na figura 5.2., para as três cartas, verificam-se que existem pontos fora dos limites para as cartas X e MR (pontos a vermelho), pelo que esses pontos foram avaliados e, se eram causas especiais foram eliminados das cartas. Com eliminação destes pontos surgiram outros que também foram eliminados até se obter todos dentro dos limites de controlo. Na tabela 5.5., encontram-se quais os pontos iniciais que se encontravam fora dos limites de controlo para as características do produto A. As restantes tabelas, para os outros produtos, encontram-se no anexo II – tabelas II.12., II.14., II.16., II.18. e II.20.

Tabela 5.5 – Pontos fora do intervalo na primeira análise às cartas X e MR das características AE, AC e AD

Característica da Qualidade		AE	AC	AD
Pontos fora do intervalo	Carta das observações individuais	29	29	29, 38
	Carta da amplitude móvel	29, 30	29, 30, 39	29, 30, 39

As cartas de controlo finais para o produto A, com a eliminação dos pontos fora dos limites de controlo, encontra-se na figura 5.3., sendo que, o resultado final para limites de controlo das cartas X e MR para as características AE, AC e AD encontram-se na tabela 5.6.

As restantes cartas de controlo encontram-se no anexo II – figuras II.2., II.4., II.6., II.8. e II.10., e as tabelas com os limites de controlo finais, encontram-se também no anexo II – tabelas II.13., II.15., II.17., II.19. e II.21.

Tabela 5.6 – Limites de controlo para as características AE, AC e AD

	Carta X			Carta MR		
Característica	LSC	LC	LIC	LSC	LC	LIC
AE	223,02	211,47	199,92	14,19	4,34	0
AC	221,53	209,53	197,52	14,75	4,51	0
AD	224,47	209,77	195,07	18,06	5,53	0

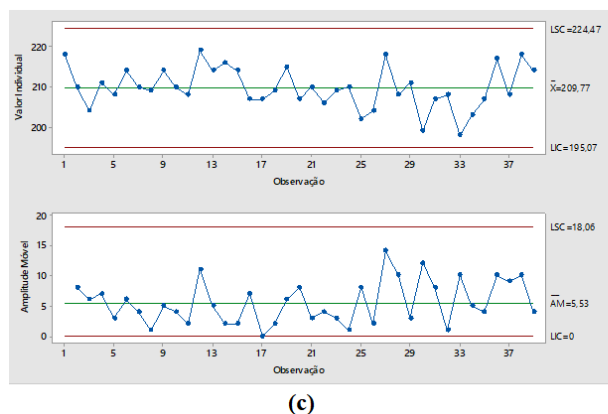
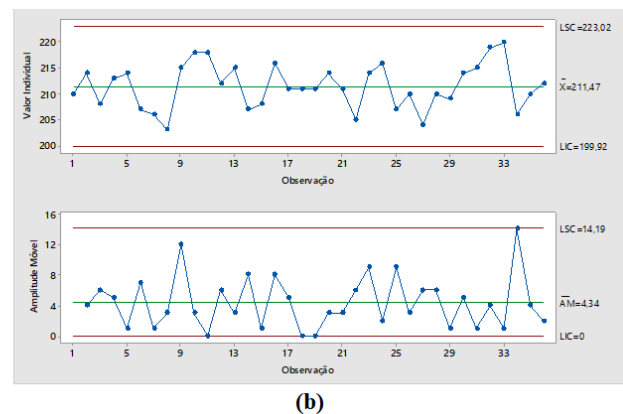
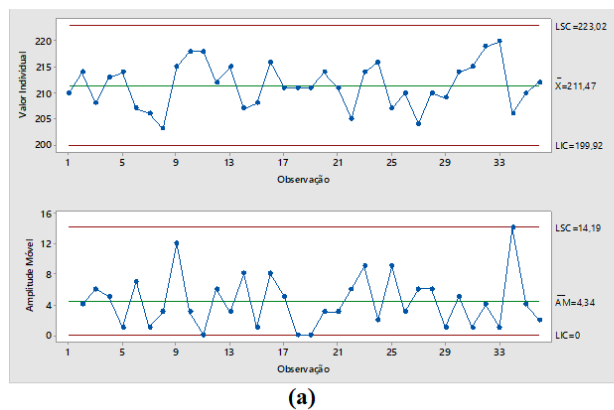


Figura 5.3 - Carta de observações individuais e amplitude móvel da característica AE (a), AC (b) e AD (c) sem os pontos fora de controlo

Com a eliminação de todos os pontos fora dos limites de controlo, o número de dados final para todas as características estudadas é dado pela tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Número de dados final para as características de todos os produtos

Característica	Número de dados final
AE	36
AC	36
AD	39
BE	15
BC	17
BD	19
DE	54
DC	50
DD	50
FE	14
FC	13
FD	14
HE	33
HC	28
HD	33
IE	27
IC	27
ID	27

Uma vez que existiam poucos dados, estes tinham pontos fora de controlo que, e mesmo sendo retirados, surgiram novos pontos o que já indica que o processo possa estar fora do controlo estatístico.

Na tabela 5.8., encontra-se o resumo dos resultados para os limites de controlo das cartas X e MR para todas as características estudadas.

Tabela 5.8 - Resumo dos limites de controlo para as cartas X e MR de todas as características em estudo

Característica	Carta X			Carta MR		
Produto	LSC	LC	LIC	LSC	LC	LIC
AE	223,02	211,47	199,92	14,19	4,34	0
AC	221,53	209,53	197,52	14,75	4,51	0
AD	224,47	209,77	195,07	18,06	5,53	0
BE	229,21	213,07	196,92	19,84	6,07	0
BC	226,00	207,88	189,76	22,26	6,81	0
BD	230,57	211,21	191,85	23,78	7,28	0
DE	225,85	206,28	186,71	24,04	7,36	0
DC	226,21	205,8	185,39	25,07	7,67	0
DD	221,12	206,9	192,68	17,47	5,35	0
FE	234,31	201,79	169,26	39,96	12,23	0
FC	215,50	199,54	183,58	19,60	6	0
FD	224,01	201,71	179,41	27,39	8,38	0
HE	210,98	195,94	180,90	18,48	5,66	0
HC	212,65	199,64	186,64	15,97	4,89	0
HD	207,49	196,18	184,88	13,89	4,25	0
IE	212,00	200,44	188,89	14,20	4,35	0
IC	217,15	199,96	182,78	21,11	6,46	0
ID	213,80	200,30	186,79	16,59	5,08	0

Aleatoriedade dos dados

Um dos pressupostos para elaborar as cartas de controlo é que os dados são aleatórios. Recorreu-se a um *software* estatístico que procura evidência de padrões nos dados do processo e

executa dois testes para comportamento não aleatório. Os dois testes para comportamento não aleatório detetam tendências, oscilação, misturas e agrupamento dos dados e devolvem um gráfico.

Como anteriormente, os exemplos que irão ser representados na descrição são para as características AE, AC e AD. Os restantes encontram-se no anexo II - figuras II.11., II.12., II.13., II.14. e II.15.

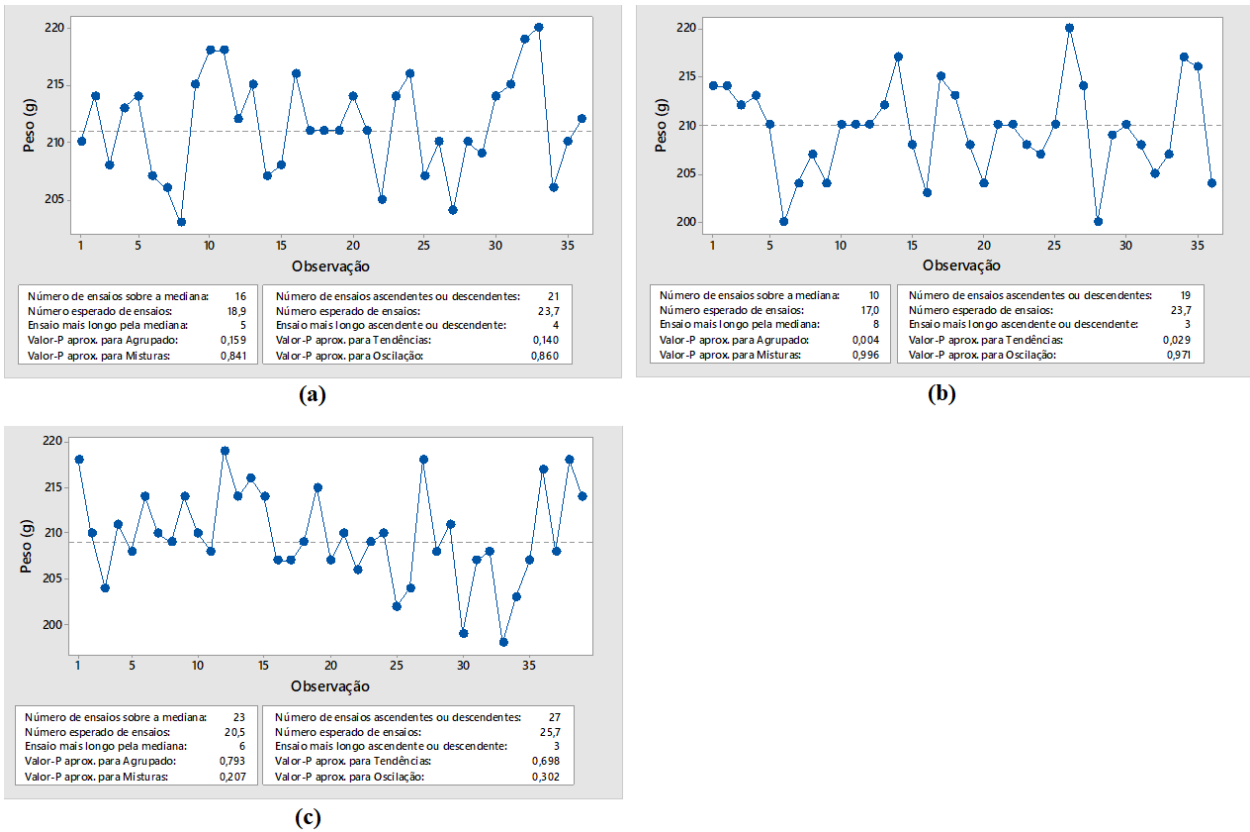


Figura 5.4 - Gráficos de teste de padrões para as características AE (a), AC (b) e AD (c)

Na figura 5.4. para o produto A, encontram-se os resultados de aleatoriedade para as três características: AE (a), AC (b) e AD (c). Para descobrir se causas especiais estão a afetar o processo, o valor P (probabilidade), devolvido pelo gráfico, deve ser superior a 5% (nível de significância, α), uma vez que é assumido um intervalo de confiança de 95%. Como são analisados quatro tipos de padrão, o valor de P deve ser superior a 5% em todos os testes para assumir que os dados são aleatórios.

Na tabela 5.9., estão agrupados os valores de probabilidade obtidos para cada característica do produto A. Podemos concluir que, para a característica AC, os testes para dados agrupados e com tendência falhou, pois, os valores de probabilidade obtidos (valor-P) são inferiores a 5%, ou seja, o processo está a ser afetado por causas especiais e deve-se investigar as possíveis fontes.

As tabelas para os restantes produtos encontram-se no anexo II – tabelas II.22., II.23., II.24., II.25. e II.26.

Tabela 5.9 – Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto A

Valor P	Agrupado	Misturas	Tendências	Oscilação	Aleatoriedade
AE	0,159	0,841	0,140	0,860	Sim
AC	0,004	0,996	0,029	0,971	Não
AD	0,793	0,207	0,698	0,302	Sim

Normalidade

Outro dos pressupostos para aplicação das cartas de controlo é a Normalidade dos dados. Se estes não forem normais deve-se recorrer à transformação dos mesmos.

Com o mesmo *software estatístico*, efetuou-se um teste de normalidade de Anderson-Darling. Este teste compara a função de distribuição empírica dos dados com a distribuição esperada. Se a diferença entre as funções for grande o teste rejeita a hipótese nula de normalidade. A resposta é um gráfico de probabilidades normais versus os dados.

Com o mesmo exemplo utilizado anteriormente podemos observar os gráficos para as características AE (a), AC (b) e AD (c) na figura 5.5., os restantes encontram-se no anexo II – figuras II.16., II.17., II.18., II.19. e II.20.

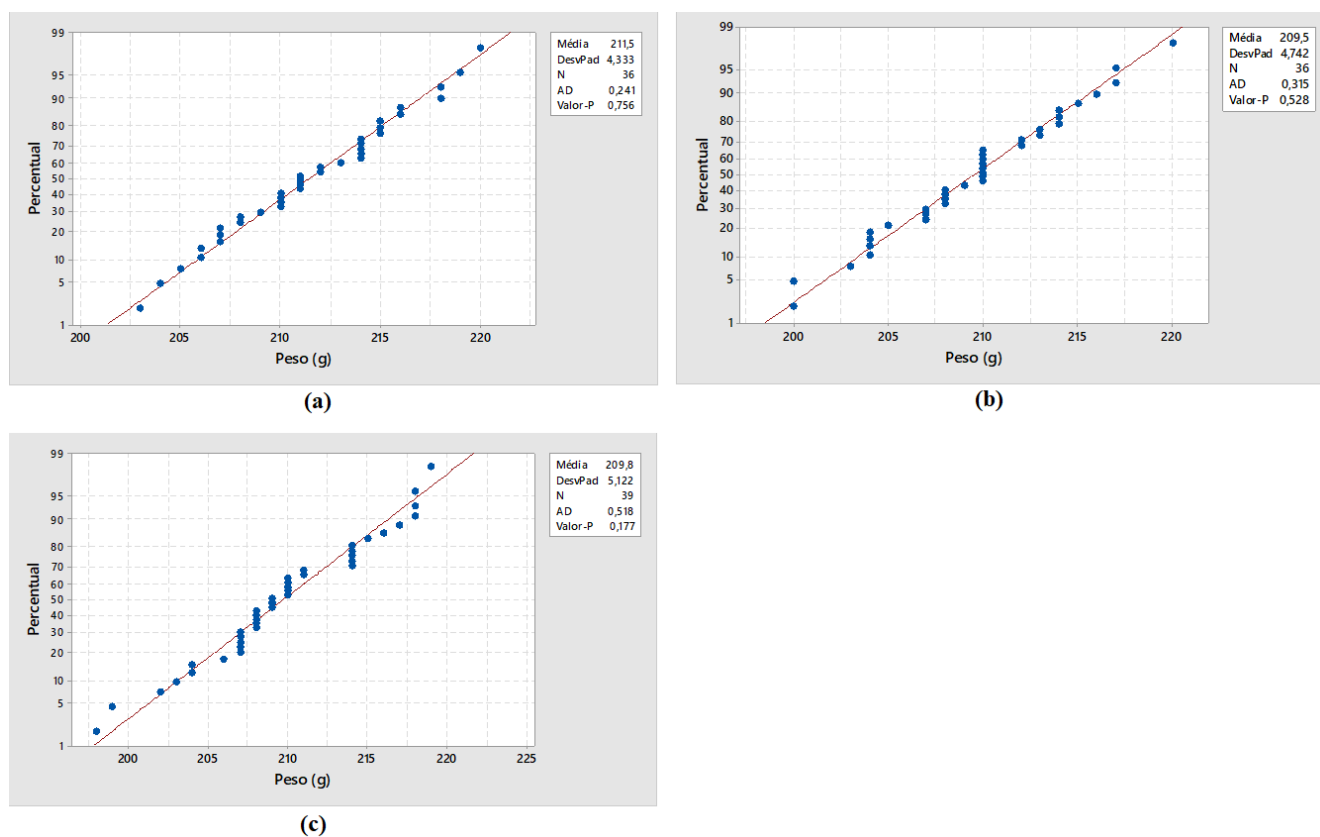


Figura 5.5 - Testes de Normalidade para as características AE (a), AC (b) e AD (c)

Também para este caso, para confirmar que os dados são Normais, o valor P, devolvido pelo gráfico de resposta, deve ser superior a 5% (intervalo de confiança de 95%).

Na tabela 5.10., encontram-se os resultados dos valores de P para os gráficos da figura 5.5., em que podemos afirmar que estes têm uma distribuição aproximadamente Normal, pois os valores são superiores a 5% para as três características. Os valores de P para os restantes produtos estudados encontram-se no anexo II – tabelas II.27., II.28., II.29., II.30. e II.31.

Tabela 5.10 – Valores de probabilidade para o teste de Normalidade do produto A

Característica	Valor P	Normalidade
AE	0,756	Sim
AC	0,528	Sim
AD	0,177	Sim

Na tabela 5.11., encontra-se um resumo para os resultados obtidos dos testes de normalidade e aleatoriedade para todas as características deste estudo. Se na tabela aparecer a palavra “Sim” na coluna de normalidade significa que os dados que seguem uma distribuição normal e na coluna de aleatoriedade significa que os dados são aleatórios, acontece o caso contrário, se aparecer a palavra “não”. Uma vez que algumas das características falharam o teste de aleatoriedade podemos concluir que o processo não está sob controle estatístico e que causas especiais estão a influenciá-lo.

Tabela 5.11 – Tabela resumo dos resultados

Característica	Normalidade	Aleatoriedade
AE	Sim	Sim
AC	Sim	Não
AD	Sim	Sim
BE	Sim	Sim
BC	Sim	Não
BD	Sim	Não
DE	Sim	Não
DC	Sim	Sim
DD	Sim	Sim
FE	Sim	Sim
FC	Sim	Sim
FD	Sim	Sim
HE	Sim	Sim
HC	Sim	Sim
HD	Sim	Não
IE	Sim	Sim
IC	Sim	Não
ID	Sim	Não

A próxima etapa seria estimar os parâmetros do processo. O problema é que para isso o processo deveria encontrar-se sob controlo estatístico, sendo que tal não se verifica uma vez que existem características que têm dados não aleatórios.

Outra observação, é que não existem amostras suficientes para se poder afirmar que os parâmetros estimados podem ser utilizados. E, também, como surgiram problemas de padrões não aleatórios, é admissível afirmar que possam existir características com dados auto correlacionados, ou seja, que a variabilidade entre amostras seja inexistente.

Uma vez que os dados não se encontram sob controlo estatístico não se efetuou a fase 2 do SPC.

5.4.3. Capacidade do processo

Mesmo não estando o processo sob controlo estatístico, podemos fazer uma previsão sobre a capacidade do processo e saber se este está a produzir de acordo com as especificações estabelecidas para os produtos em causa.

Como referido no capítulo 2, é importante ter um nível de sigma que traga algum benefício em termos de custos para uma empresa, mas que também seja suficiente para que a percentagem de não conformes não seja excessiva. Desta maneira, decidiu-se também avaliar o desempenho dos processos.

5.4.3.1. Índices de Capacidade do processo

Novamente com a ajuda do *software estatístico*, calculou-se os índices de capacidade para dados normais, uma vez que todos tinham uma distribuição aproximadamente normal (tabela 5.11.). O *software* devolve um histograma de capacidade sobreposto com duas curvas normais, com os dados do processo, com os limites de especificação, com a média amostral e desvio padrão, os índices C_p (P_p), $(C_{pk})_I$ e $(C_{pk})_S$ (PPL e PPU, respetivamente), C_{pk} (P_{pk}) e o C_{pm} , e ainda, um relatório do desempenho observado e do global esperado.

Na figura 5.6., encontra-se o exemplo obtido para o produto A, para as características AE, AC e AD, os restantes relatórios encontram-se no anexo II – figuras II.21., II.22., II.23., II.24. e II.25.

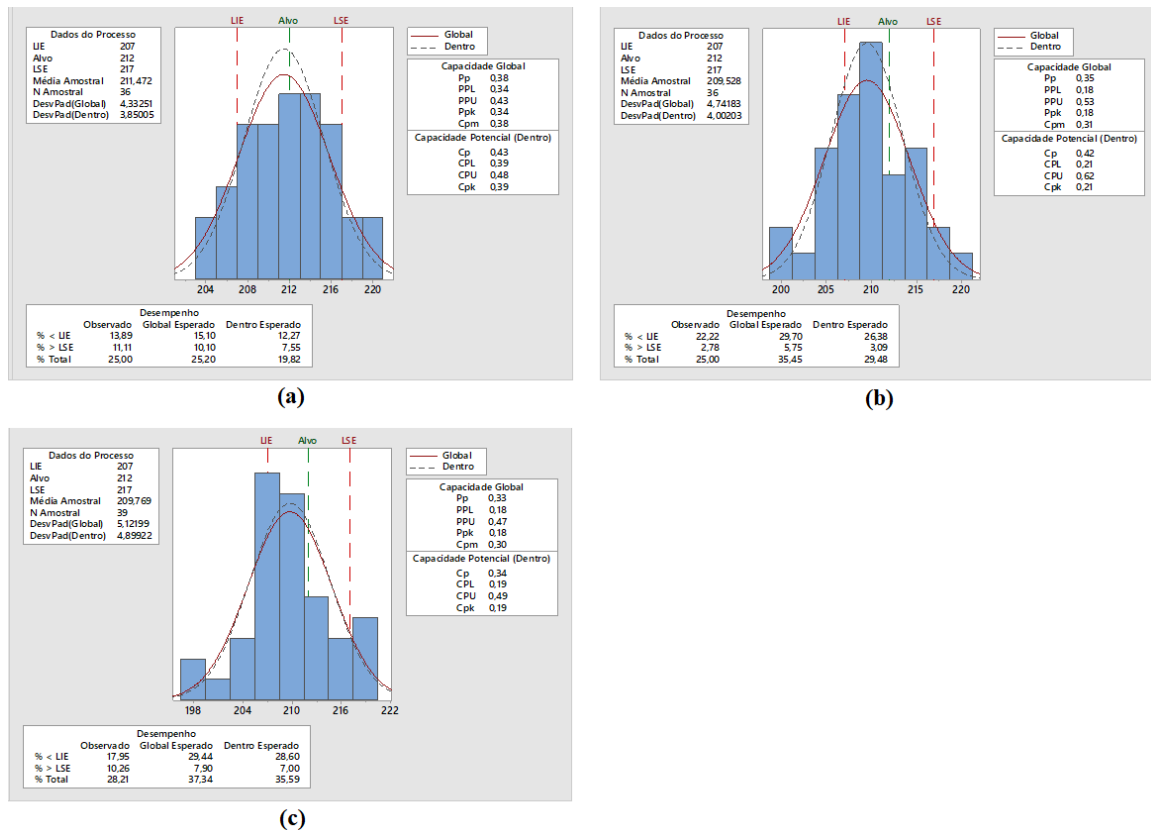


Figura 5.6 - Relatórios da capacidade do processo das características AE (a), AC (b) e AD (c)

Fazendo agora uma análise pormenorizada a cada um dos gráficos obtidos para as três características, começando pela figura 5.6. (a), a média amostral (211,5 gramas) aproxima-se do alvo, 212 gramas, mas os índices de capacidade global obtidos são inferiores a 1,33, o que significa que o processo não é capaz de trabalhar com variabilidade reduzida e não é centrado, uma vez que $(C_{pk})_I$ e $(C_{pk})_S$ deveriam ser iguais.

Destes resultados podemos concluir que é necessário melhorar, reduzindo a variabilidade e centralizando o processo no alvo. No desempenho global esperado, também é de notar que, 25,20% do que é produzido está fora dos limites de tolerância.

Para a figura 5.6. (b), a média amostral (209,5 gramas) encontra-se afastada do alvo, 212 gramas. Igualmente ao anterior, os índices de capacidade global obtidos são inferiores a 1,33 e, o processo não é centrado. No desempenho global esperado, 35,45% do que é produzido está fora dos limites de tolerância.

Por último, para a figura 5.6. (c), a média amostral (209,8 gramas) também se encontra afastada do alvo, 212 gramas. Igualmente, os índices de capacidade global obtidos são inferiores

a 1.33 e o processo não é centrado. O desempenho global esperado é de 37.34%, valor também muito alto e com possibilidade de melhoria.

Todos estes resultados, indicam que o processo não está a produzir com variabilidade reduzida e que não estão a ser cumpridos os limites de especificação. Existe aqui uma oportunidade de melhoria. Na tabela 5.12., é exposto um resumo dos relatórios de capacidade para as características estudadas.

Tabela 5.12 – Resumo dos índices de capacidade e desempenho global esperado dos processos correspondentes às características em estudo

Característica	C_p	(C_{pk})_I	(C_{pk})_S	C_{pk}	C_{pm}	Desempenho global esperado (%)
AE	0,38	0,34	0,43	0,34	0,38	25,20
AC	0,35	0,18	0,53	0,18	0,31	35,45
AD	0,33	0,18	0,47	0,18	0,30	37,34
BE	0,29	0,64	-0,06	-0,06	0,20	60,07
BC	0,17	0,20	0,14	0,14	0,17	60,51
BD	0,19	0,35	0,03	0,03	0,27	61,32
DE	0,21	0,18	0,24	0,18	0,21	53,29
DC	0,23	0,17	0,28	0,17	0,23	49,89
DD	0,27	0,26	0,27	0,26	0,27	41,94
FE	0,16	0,12	0,19	0,12	0,16	64,02
FC	0,25	0,08	0,42	0,08	0,22	51,67
FD	0,22	0,16	0,27	0,16	0,21	52,19
HE	0,28	0,34	0,23	0,23	0,28	39,94
HC	0,26	0,49	0,02	0,02	0,21	54,82
HD	0,34	0,42	0,26	0,26	0,33	32,40
IE	0,41	0,45	0,37	0,37	0,41	22,20
IC	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	46,82
ID	0,30	0,31	0,28	0,28	0,29	37,67

Pelo que se pode observar pela tabela 5.12., nenhum dos valores é superior a 1.33 e muito menos 2 (filosofia seis sigma), sendo que apenas o DD e o IC são centrados. Podemos concluir que o processo não consegue trabalhar com variabilidade reduzida e não é centrado. Existe aqui uma oportunidade de melhoria para reduzir a variabilidade e centralizar os processos, mas é preciso ter conta que existem poucas observações para cada produto (menos de 50) e que estes dados podem não ser significativos.

Ainda na tabela 5.12., podemos observar que os produtos de massa de cacau, H e I, têm um desempenho na característica central pior do que nas suas laterais, enquanto que os produtos de massa de baunilha, D e F, têm a característica esquerda com um desempenho global esperado pior, e os produtos A e B para a característica direita. Isto significa que existem mais pesos fora dos limites de especificação para essas características no mesmo produto.

5.5. Analisar

Uma vez que os processos correspondentes às características em estudo não são capazes de produzir com variabilidade reduzida, é necessário procurar causas que estejam a afetar o processo e, se possível implementar melhorias. Desta maneira, efetuou-se um diagrama de causa-e-efeito, em que foram agrupadas as causas que afetam os pesos da massa à saída do forno.

Um acompanhamento progressivo da linha 4 permitiu agrupar um conjunto de causas em questão que afetam o peso da massa à saída do forno, estas encontram-se no diagrama de *Ishikawa* da figura 5.7. Serão apenas analisadas ao longo deste capítulo algumas das causas, que serão descritas seguidamente.

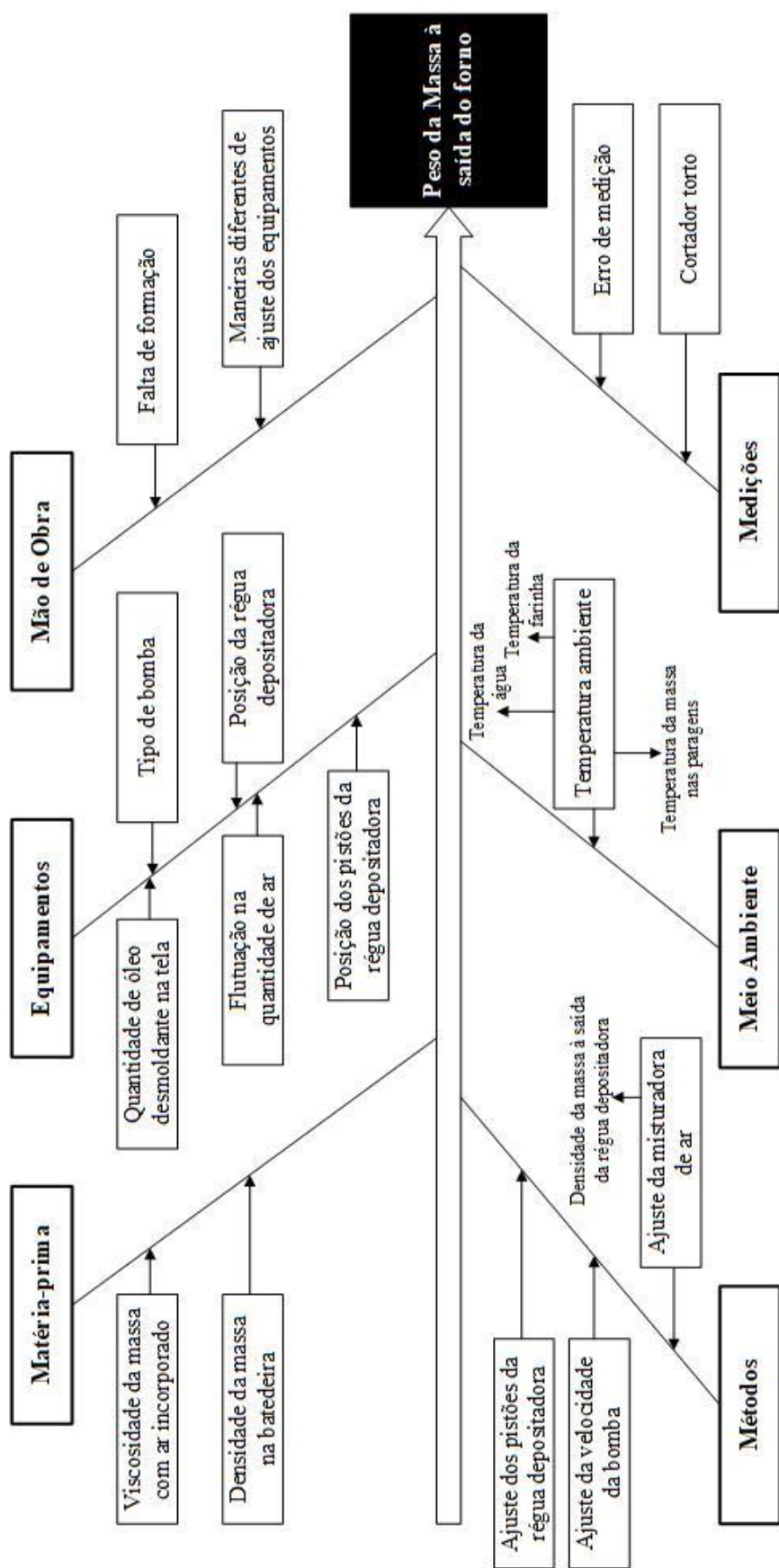


Figura 5.7 – Diagrama de Ishikawa do processo

5.5.1. Equipamentos

5.5.1.1. Posição dos pistões na régua depositadora

A primeira causa estudada foi a posição dos pistões na régua depositadora. A régua depositadora é uma extrusora que é alimentada no centro, sendo que a massa é depois distribuída para as extremidades da régua até entrar no corpo central (figura 5.8.). No corpo central existem uns pistões que regulam o fluxo do produto para o exterior da régua.

Existem 25 pistões, em que os dois primeiros de cada extremidade encontram-se fechados (tabela 3.2.) e os pistões do meio encontram-se totalmente abertos. Estes últimos descritos nunca são ajustados. Os restantes são quando, após uma medição, o peso de algum dos lados estiver acima (ou abaixo) dos limites, sendo que se fecha (ou abre) ligeiramente todos os pistões da zona afetada até se alcançar o início dos pistões totalmente abertos, em que estes não são alterados.

Uma vez que os pesos não uniformes e fora dos limites de especificação é um acontecimento recorrente, a régua depositadora é um fator que causa variabilidade no processo. Por essa razão decidiu-se estudar a variação dos pesos associada a cada pistão.

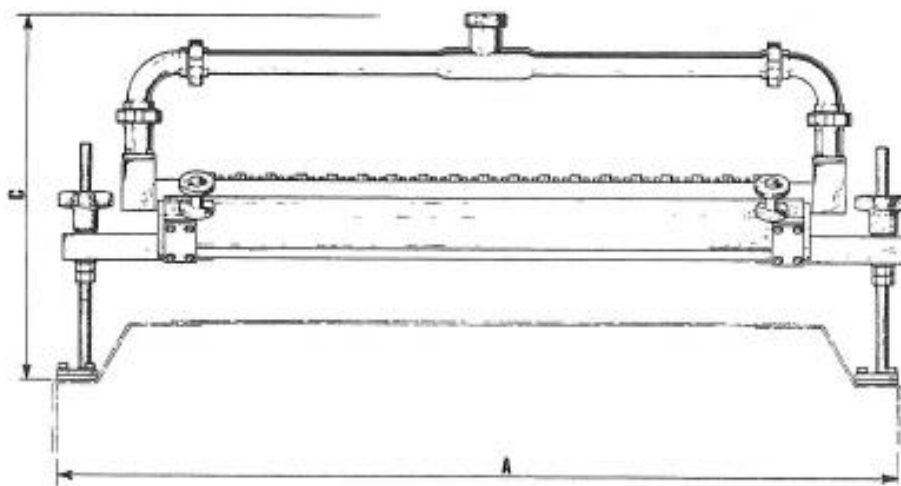


Figura 5.8 – Esquema da régua depositadora

Para este caso, também se estudou o peso da massa, mas, para simular qual a quantidade que cada pistão coloca na tela, em vez de pesar as três características de cada lado da massa, são pesadas quatro amostras mais pequenas em cada um desses lados com dimensão igual a 3, para

estudar a uniformidade de cada característica: esquerda, centro e direita, ou seja, e se o fluxo dos pistões seria semelhante.

Recolha de dados

Com o método 1 do capítulo 4, retiraram-se 12 amostras de dimensão 3 (quatro amostras de dimensão 3 em cada característica), e elaboraram-se gráficos de intervalos para cada um dos produtos em questão e analisar a tendência da saída da massa da régua.

Este método de medição, é um método que não está implementado pela empresa e foi usado para estudar a tendência da deposição da massa na tela.

O intervalo de tempo de recolha de dados foi de hora a hora, mas, igualmente como no caso anterior, quando são efetuadas correções deve ser feita uma pesagem novamente. Também, por haver muitas mudanças de produto, com paragens pelo meio, afeta a frequência da recolha de amostras, assim como a produção não foi contínua.

Esta segunda recolha de dados efetuou-se entre junho e agosto de 2017.

Gráficos de Intervalos

Como referido anteriormente, o planeamento de produção depende das encomendas, por essa razão, no período de tempo em que foi efetuada a seguinte análise só existem dados suficientes para os produtos A, B, D e I.

É importante salientar que este estudo simplesmente serve para estudar a tendência da massa associada a cada pistão, de modo a que se possam ajustá-los de maneira permanente para não trazerem variabilidade ao processo. Assumiu-se que dois pistões estariam associados ao peso de cada “bolacha”.

Para estas medições tentou-se o mínimo possível ajustar os pistões, para perceber se o peso da massa variava. Apenas se ajustava a velocidade da bomba, uma vez que o peso, com alguma frequência, não se encontrava dentro dos limites de especificação.

Os resultados para os gráficos obtidos do produto A serão representados na figura 5.9. Os restantes encontram-se no anexo III – figuras III.1., III.3. e III.5.

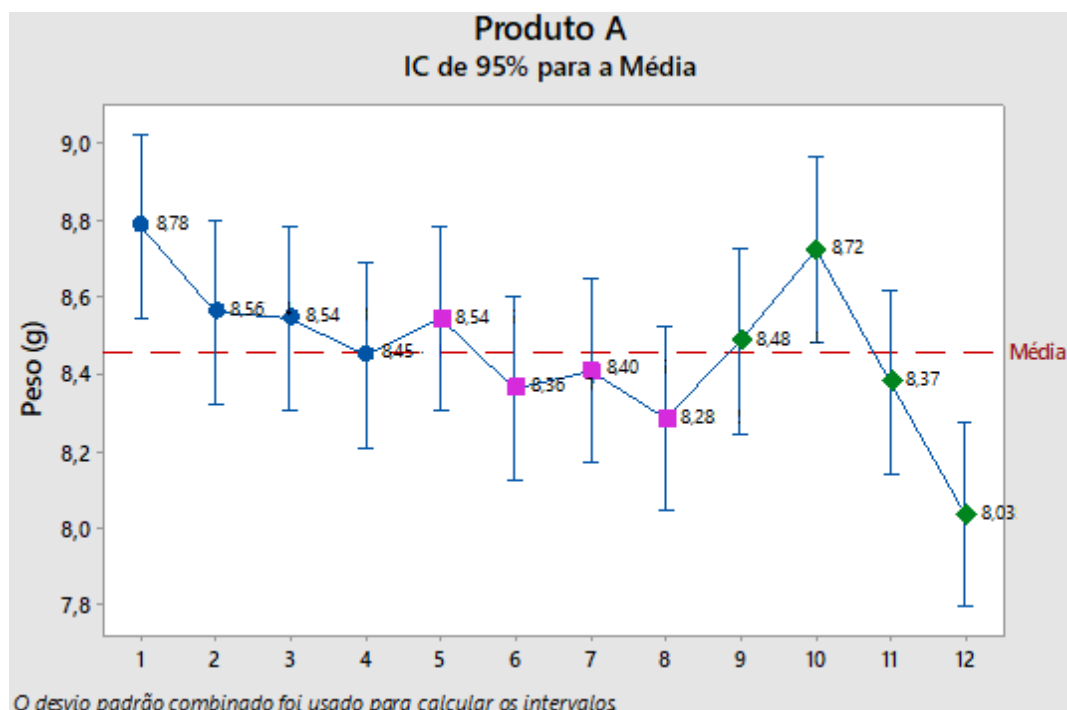


Figura 5.9 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições no produto A

Em suma, o gráfico da figura 5.9. consiste em pontos que são a média dos pesos das “bolachas” para cada uma das posições das amostras e numa barra de intervalo de confiança de 95% nos pontos. E ainda, acrescentou-se a média de todos os pontos para situar as posições. Os pontos a azul correspondem aos pesos das “bolachas” do lado esquerdo da massa, os pontos a rosa, do lado central, e os pontos a verde do lado direito.

Da observação da figura 5.9., o ponto 1 tem um valor maior de média, seguido do ponto 10. Nestes pontos, os seus intervalos de confiança não alcançam a linha central (média de todos os pontos a vermelho), assim como, o ponto 12, que tem a média muito abaixo da linha central. Também podemos afirmar que, como existem intervalos de confiança que não se sobrepõem, existem médias significativamente diferentes (pontos 1 e 10 com o ponto 12). A posição 12 é a mais crítica uma vez que se encontra muito abaixo da linha central.

Podemos assim concluir que, o fluxo dos pistões não é semelhante, mas mesmo assim, decidiu-se efetuar um teste de hipótese (ANOVA – Anexo III – Testes de Hipóteses) para confirmar se as médias eram significativamente diferentes, ou seja, se nos pistões não está a cair a mesma quantidade de massa para cada zona da tela.

Para além de se elaborar testes de hipótese para cada todo um produto, também, dentro deste, separou-se os pontos do o lado esquerdo, do centro e do lado direito e elaborou-se

igualmente testes de hipóteses e gráficos de intervalo para averiguar se dentro de cada característica existem médias significativamente diferentes. Utilizando o mesmo exemplo, para o produto A, obtemos os gráficos de intervalos da figura 5.10. Para os restantes produtos encontra-se no anexo III – figuras III.2., III.4. e III.6.

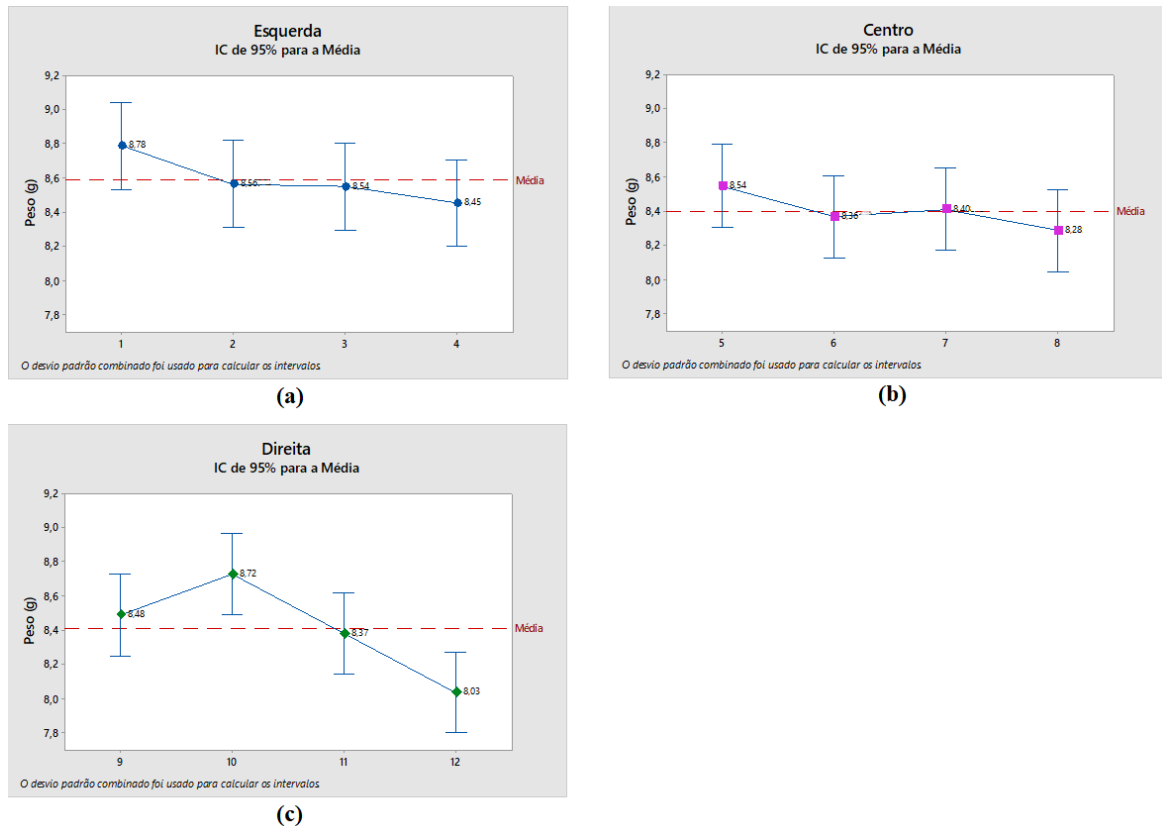


Figura 5.10 - Gráfico de intervalos com 4 amostras para os lados esquerdo (a), centro (b) e direito (c)

Existem médias que são significativamente diferentes entre as 12 zonas, mas como uma torta apenas acaba por ter o peso associado a uma dessas três zonas da tela, com os gráficos da figura 5.10. consegue-se avaliar o peso em cada zona para se perceber se dentro de uma torta o peso da massa é uniforme.

No caso do produto A, o lado direito da massa não é uniforme (figura 5.10. (c)) e é o que está a afetar a uniformização dos pesos entre os 3 lados da massa, pois os intervalos de confiança das médias, não se sobrepõem para as posições 10 e 12.

A conclusão dos testes de hipótese para todos os produtos encontra-se na tabela 5.13., onde se encontram todos os valores de probabilidade obtidos dos testes de ANOVA. Assim como

em casos anteriores, assumiu-se um intervalo de confiança de 95%, logo, qualquer valor P abaixo de 5% indica que existe pelo menos uma média significativamente diferente.

Tabela 5.13 - Resultados dos testes de hipótese para os produtos A, B, D e I e para os 3 lados da massa

		Valor de P
Produto A	Total	0,004
	Esquerda	0,293
	Centro	0,484
	Direita	0,001
Produto B	Total	0,001
	Esquerda	0,006
	Centro	0,291
	Direita	0,006
Produto D	Total	0,002
	Esquerda	0,691
	Centro	0,067
	Direita	0,000
Produto I	Total	0,281
	Esquerda	0,999
	Centro	0,056
	Direita	0,394

Por análise da tabela 5.13., podemos afirmar que, as extremidades da massa são as que têm maior variabilidade, pois os valores de probabilidade são inferiores a 5%.

A tendência para a massa de baunilha é que as extremidades não tenham o mesmo peso dentro de uma amostra, isto provavelmente deve-se ao facto, da massa entrar na régua pelas extremidades, e os pistões das pontas não estarem totalmente abertos. Mas como, para o produto I de massa de cacau acontece o inverso, possivelmente pode existir alguma característica nos produtos, para além da densidade, que afete a quantidade de massa que cai em cada pistão, sendo que a massa de cacau é mais estável, na média, em termos de pesos de massa por pistão. Por esta razão, será feito, posteriormente, um estudo mais aprofundado às receitas e às características físicas das massas produzidas.

É importante salientar que foram efetuados ajustes mínimos aos pistões durante estas medições, sendo que foram feitas algumas marcações que serão explicadas com maior detalhe na fase de melhorar.

5.5.1.2. Posição da régua depositadora

A régua depositadora encontra-se suspensa num suporte que pode ser movimentado, ou seja, a régua pode ser movimentada na vertical da tela. Existe uma rosca, como demonstrado na figura 5.11., que ajusta o local da régua.



Figura 5.11 – Rosca que fixa a posição da régua

Este problema confere alguma variabilidade uma vez que se a régua for deslocada o peso de uma das pontas irá desviar-se para o lado onde foi deslocada a régua, ou seja, como à saída do forno são cortadas tiras de massa nas pontas, que devem ter o mesmo tamanho de ambos os lados, e se for feito algum deslocamento, uma das tiras ficará maior e outra mais pequena, ou seja, os cortes já não se efetuaram na mesma zona da massa e pode deslocar o peso de uma das características (figura 5.12.).



Figura 5.12 – Resultado do desvio da posição da régua

Foi definido, como tamanho ideal que as tiras tivessem uma largura entre 2 e 2,5 cm.

5.5.1.3. *Quantidade de óleo desmoldante*

O óleo desmoldante é colocado na tela para a massa não ficar “colada” a esta. Ele é pulverizado na tela, mas como tem umas capas de proteção em frente ao pulverizador, o óleo acaba por cair na forma de gotas que são espalhadas por uma lona em movimento. Existem 4 pulverizadores que preenchem a tela (figura 5.13.).



Figura 5.13 – Espalhamento do óleo desmoldante

O óleo quando colocado em demasia faz com que a massa “escorregue” da tela, ou seja, a massa irá espalhar-se mais na tela prejudicando o peso, uma vez que à saída do forno, os cortes tiram quantidade massa das pontas e como o óleo espalha mais as tiras, estas ficam muito maiores e mais oscilantes em termos de largura, diminuído o peso da massa da torta aproveitável (figura 5.14.).

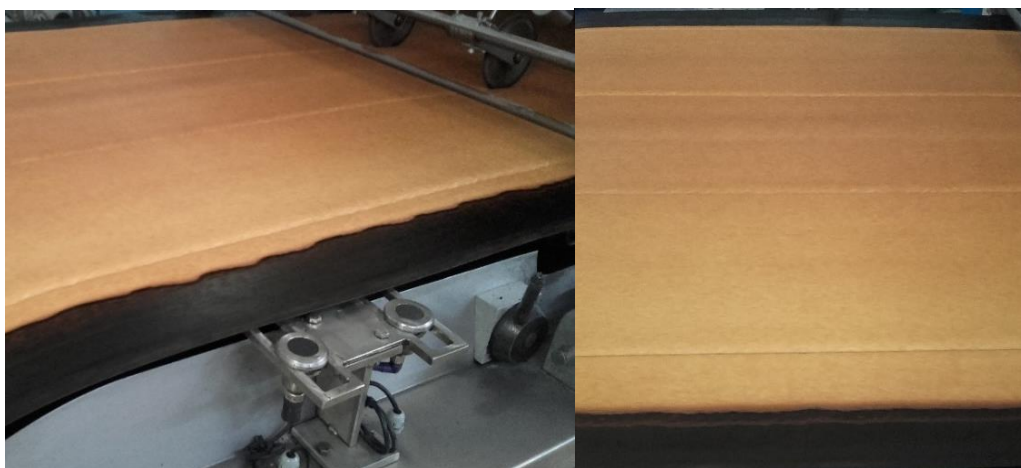


Figura 5.14 – Oscilação na largura da fita

Pelo contrário se não existir óleo suficiente, a massa irá raspar na tela e quando for feita a pesagem, este valor será afetado porque a amostra estará comprometida (figura 5.15.).



Figura 5.15 – Massa raspada (lado esquerdo) e massa nas condições normais (lado direito)

No depósito do óleo existe um manómetro (figura 5.16.) que controla a quantidade de óleo que é colocada na tela. Não existe nenhuma indicação na linha de qual o valor correto, sendo que, como influencia o peso da massa seria importante tabelar esse valor de modo a que, se ocorrer algum problema relacionado com quantidade de óleo, verificar que o valor está dentro. Fizeram-se alguns testes com manómetro atual para testar se este funcionava, mas a resolução atual não é suficiente para se poder obter um valor correto, pelo que é necessário um manómetro de maior resolução.



Figura 5.16 - Depósito de óleo

Muitas vezes, quando a quantidade de óleo é insuficiente, está relacionada com a sujidade do filtro, pelo que este deve ser verificado antes do arranque.

Uma vez que os problemas relacionados com o óleo desmoldante, a colocação em demasia ou escassa de óleo, são problemas frequentes e que afetam a variabilidade do processo, este sistema do óleo deveria ser revisto para possivelmente ser adquirido um novo.

5.5.1.4. Misturadora de Ar

Para a massa ficar mais leve e fofa é incorporado ar através de uma misturadora de ar comprimido (figura 5.17.). O ar irá influenciar a densidade da massa, ou seja, é criada uma espuma e a densidade diminui. Esta é sempre medida à saída da régua depositadora e se não estiver dentro dos limites é aumentado ou diminuído o fluxo de ar.

Se forem mantidas as mesmas condições da densidade na bateadeira, o medidor de fluxo irá manter-se no mesmo valor, podendo este ser fixo.

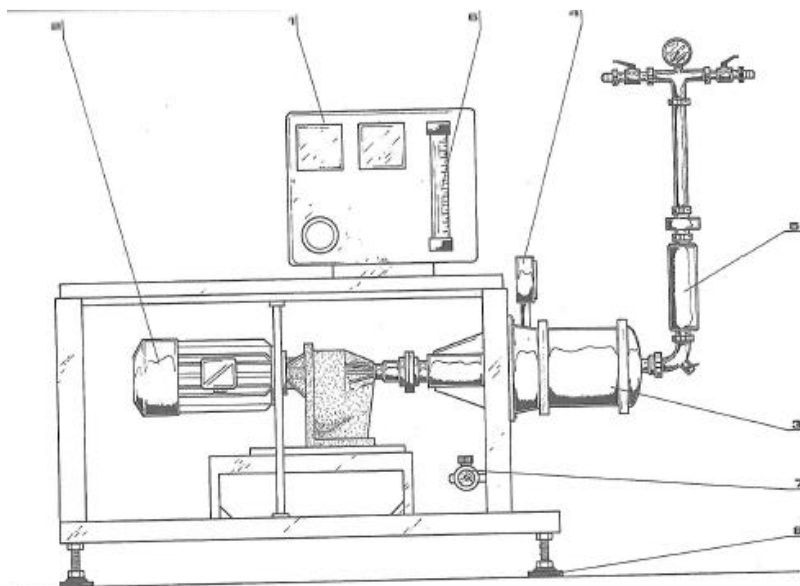


Figura 5.17 – Misturadora de ar

Existe um problema, associado à misturadora de ar, que se desconfia que confira variabilidade nos pesos na massa. Existe a suspeita que a misturadora de ar não seja constante em relação ao caudal de ar fornecido, e que existam variações constantes que afetam o peso. Seria ideal um estudo mais pormenorizado para testar este problema, por exemplo utilizando um caudalímetro, uma vez que as tubagens de ar são muito longas, podendo haver perdas de pressão e, ainda são partilhadas com outras linhas.

5.5.2. Matéria-Prima

5.5.2.1. Viscosidade

Quando se tentou ajustar os pistões da régua depositadora de modo a que não fosse necessário ajustá-los mais, reparou-se que na transição de massa escura para massa branca aconteceu o seguinte representado na figura 5.18.

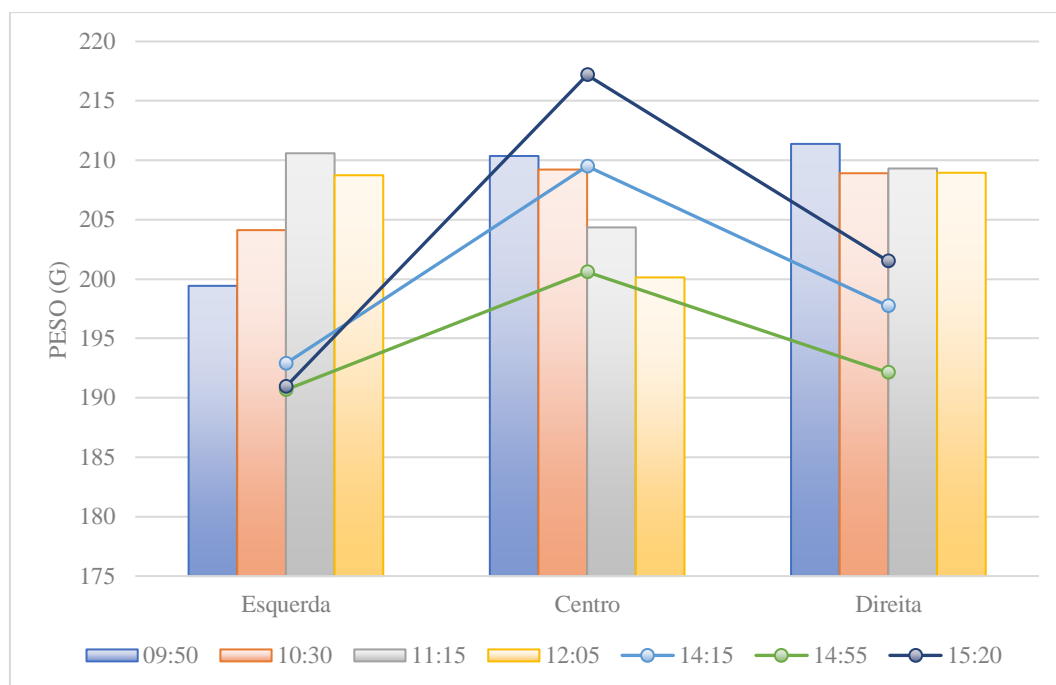


Figura 5.18 – Transição do peso de massa branca para escura

Da figura 5.18, podemos observar que a massa branca (colunas) e escura (linhas) não se comportam da mesma maneira, uma vez que na transição a massa começou a depositar-se em maior peso no centro da tela. Como a massa escura é mais pesada (tem maior densidade), e os pistões do meio estão totalmente abertos, o peso disparou todo para o centro, e por isso houve a necessidade de ajustar os pistões das pontas de modo a abri-los ligeiramente para o peso uniformizar ao longo da tela.

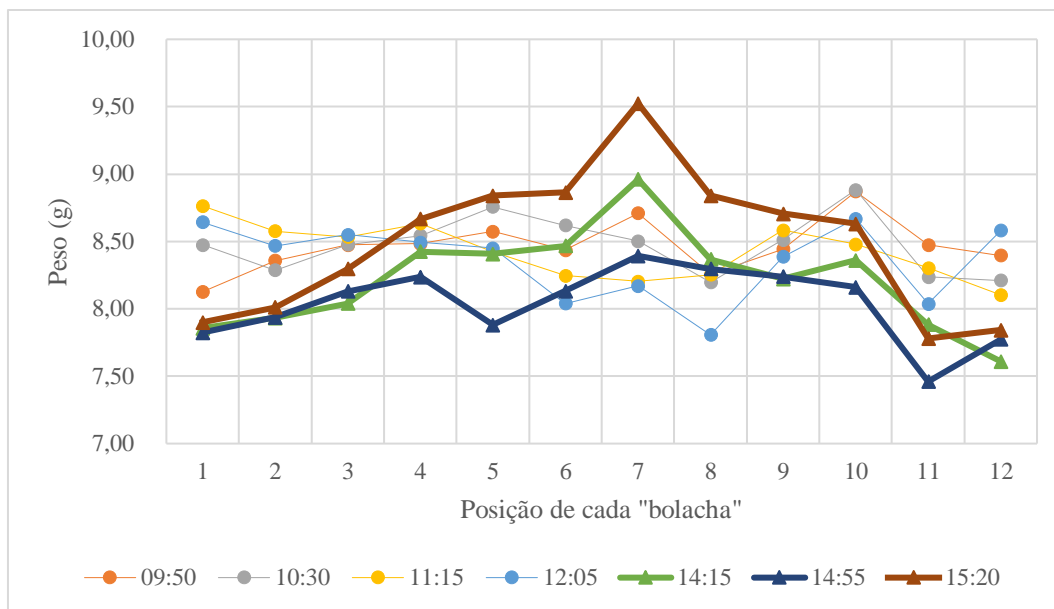


Figura 5.19 - Transição do peso de massa branca para escura com o peso das “bolachas”

Com gráfico da figura 5.19., em que as linhas com marcadores redondos são massa de baunilha e as linhas com marcadores triangulares são massa de cacau, podemos observar, com o peso das “bolachas”, que a massa nas pontas não estava a sair de maneira suficiente para equilibrar o peso e por isso houve a necessidade de abrir ligeiramente os pistões das extremidades.

Concluiu-se definitivamente, que como as massas comportam-se de maneira diferente, a posição dos pistões na régua depositadora não pode ficar fixa. Desta maneira decidiu-se estudar a viscosidade da massa para perceber o comportamento da queda desta na régua depositadora.

Existem diversos métodos para medir a viscosidade, mas como na empresa não existe nenhuma maneira de medir este parâmetro desenvolveu-se um método, método 3 descrito no capítulo 4, que é baseado no método de medição com o funil de *Marsh*. À semelhança deste, o objetivo é observar o tempo que o volume de um líquido, num funil, leva a escorrer até uma certa medida. Executaram-se diversos testes para aperfeiçoar o método, mas quando se tentou medir a massa de baunilha *Dan Cake*, esta concentrava-se no centro do copo não sendo possível observar um limite correto, para além de que era a massa que tinha o maior tempo de escoamento (figura 5.20.).



Figura 5.20 - Problema da medição da viscosidade da massa baunilha *Dan Cake*

A massa dos bolos é um fluído não newtoniano, ou seja, tensão de cisalhamento (τ) não é proporcional à taxa de cisalhamento, não segue a lei de Newton da viscosidade ($\tau = \mu \times \frac{du}{dy}$) e é dependente da taxa de cisalhamento. Sendo que, os fluídos não newtonianos podem ser classificados em vários tipos, em que a massa dos bolos é um fluído não newtoniano pseudoplástico, ou seja, a viscosidade aumenta à medida que a taxa de cisalhamento aumenta (Chhabra, 2010) (Fellows, 2009) (Sumnu et al., 2008).

O facto de ser um fluído não newtoniano pseudoplástico faz com que a massa tenha propriedades viscosas e elásticas, por isso o método teve de ser revisto.

Em vez de se medir um limite no *gobelé* para parar o tempo do cronómetro, foi utilizada uma balança para pesar a massa que caia, sendo que se definiu um limite de 50 gramas, uma vez que não era praticável estabelecer um peso superior. Este método apenas permite comparar os tempos de escoamento das massas estudadas.

Os resultados individuais para cada massa encontram-se no anexo III - Viscosidades.

A figura 5.21. mostra os resultados dos tempos de escoamento de todas as medições para comparação entre massas.

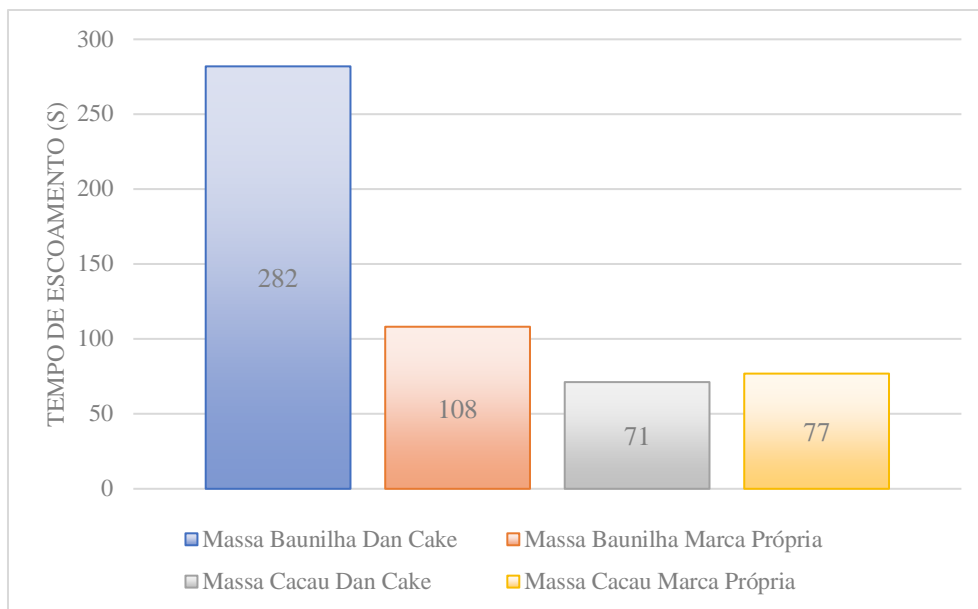


Figura 5.21 – Tempos de escoamento médios dos dados de cada massa

Do gráfico da figura 5.21. representado, podemos retirar que a massa baunilha *Dan Cake* é a mais viscosa, pois têm um tempo de escoamento superior a todas as outras massas (282 segundos). No geral, as massas de baunilha são as que têm maior tempo de escoamento, logo é uma das razões pelo qual as massas de baunilha necessitam de mais velocidade de bomba que as massas de cacau para pesos semelhantes. As massas de cacau são mais densas que as massas de baunilha e por isso existe diferença nos tempos de escoamento, ou seja, as massas de cacau têm tempo de escoamento inferiores.

Tabela 5.14 – Resumo dos resultados de tempo de escoamento e temperatura das massas

	Tempo de Escoamento (s)		Temperatura (°C)	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Massa baunilha <i>Dan Cake</i>	281,94	61,45	24,81	0,52
Massa baunilha marca própria	108,17	17,97	25,16	0,55
Massa cacau <i>Dan Cake</i>	71,22	11,58	25,10	0,91
Massa cacau marca própria	76,89	20,69	25,99	0,89

É importante salientar que a quantidade de ar incorporada e a temperatura da massa influenciam a viscosidade desta, por essa razão na tabela 5.14. estão os resultados das médias dos tempos de escoamento e respetivos desvios padrão, assim como das temperaturas médias das massas. Os desvios padrão dos tempos de escoamento são elevados, principalmente para a massa da baunilha *Dan Cake*, já os desvios padrão das temperaturas são baixos, isto pode ser uma indicação que o fluxo de ar da misturadora não é constante.

Pelos resultados obtidos, decidiu-se fazer uma análise às receitas das massas. Por motivos de confidencialidade apenas serão mostrados os ingredientes que aparentavam diferenças significativas, mas sem revelar as quantidades.

Numa escala de 0 a 4, em que 0 é inexistente o ingrediente nesse produto, 1 é valor mais baixo e 4 o valor mais alto, serão atribuídos estes valores para as quantidades entre as massas.

Tabela 5.15 – Comparação dos ingredientes significativos nas receitas das massas

Massa	Baunilha Dan Cake	Baunilha Marca própria	Cacau Dan Cake	Cacau Marca própria
Água	1	2	3	4
Mono, di e poliglicéridos	4	3	1	1
Massa de óleo Mármore	0	0	4	3
Cacau alcalino	0	0	4	3

Como se pode analisar pela tabela 5.15., em termos da quantidade de água, a massa de baunilha *Dan Cake* tem menor quantidade do que as restantes e a massa de cacau marca própria é a que tem maior quantidade, o que corresponde às massas com maior e menor tempo de escoamento, respetivamente. Tendo mais água irá tornar a mistura mais fluída.

A quantidade de mono, di e poliglicéridos também é importante, uma vez que este se trata de um emulsionante.

A massa de bolos é uma mistura de bolhas de ar e partículas de gordura dispersas numa fase aquosa contínua (emulsão). A adição de um emulsionante reduz a tensão interfacial entre as

duas fases, uma vez que irá aumentar a ligação das partículas à fase aquosa e, assim, diminuir a fluidez da massa, ou seja, aumenta a viscosidade e elasticidade da massa (Sumnu et al., 2008).

Tanto a massa de óleo mármore e o cacau alcalino são ingredientes acrescentados que fazem com que as massas de cacau sejam mais densas, afetando também o seu tempo de escoamento.

Uma vez que a massa de baunilha *Dan Cake* tem um tempo de escoamento significativamente maior que a massa de baunilha marca própria, para reduzir a variabilidade que esta confere, propõem-se possivelmente uma revisão da sua receita. No caso das diferenças entre as massas de baunilha e cacau, para reduzir a variabilidade destas diferenças, seria a utilização de uma segunda régua depositadora, uma para massas de baunilha, outra para massas de cacau, já que a queda da massa na régua depositadora irá comportar-se de maneira diferente.

5.5.2.2. Densidade e temperatura na bateadeira

A densidade da massa na bateadeira é um fator importante no peso da massa. Se esta não estiver dentro dos limites irá afetar todos os outros componentes do processo que causam variabilidade na massa.

Da análise aos registos desde janeiro a agosto deste ano, notou-se uma progressiva diminuição da densidade das massas, principalmente as de baunilha, para fora dos limites de especificação. Em termos da massa, não afetou as suas condições, mas para existência deste decréscimo foi analisada a razão.

O principal fator crítico que se descobriu foi a temperatura da massa.

Para a temperatura da massa é feita uma medição sempre que é medida a densidade da massa sendo que, esta também tem os seus limites de especificação. O que se notou é que esses limites não estavam a ser cumpridos.

Nas figuras 5.22., 5.23., 5.24. e 5.25., encontra-se um exemplo observado para as massas no mês de agosto, em que a temperatura da massa nessa altura nunca se encontrou dentro dos limites de especificação.

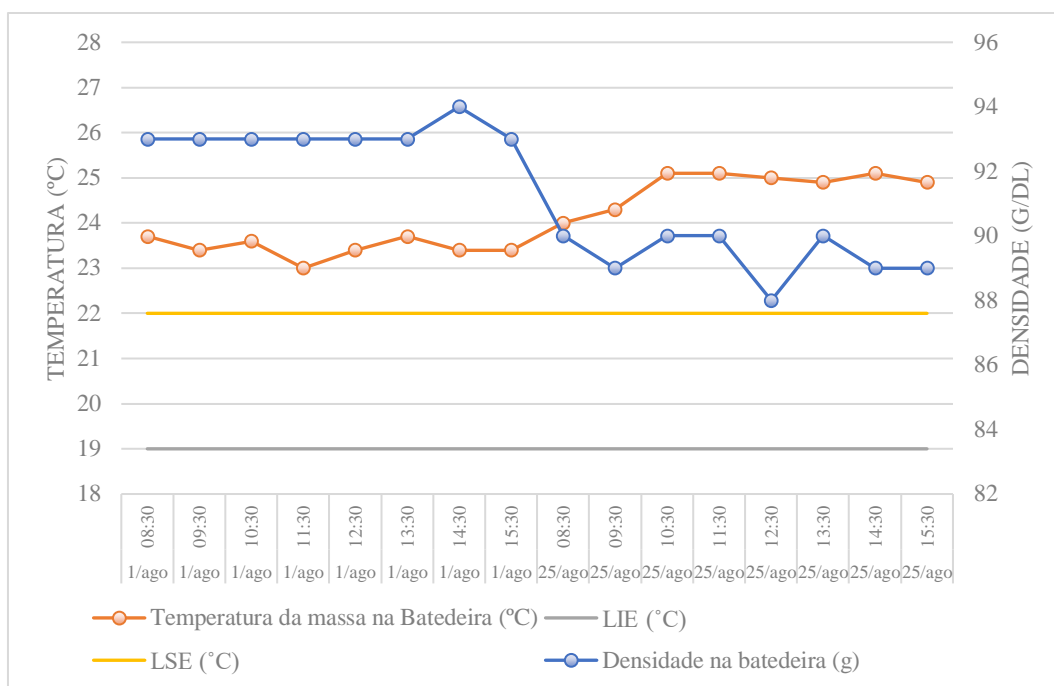


Figura 5.22 – Temperatura da massa baunilha *Dan Cake* na batedeira e sua respectiva densidade

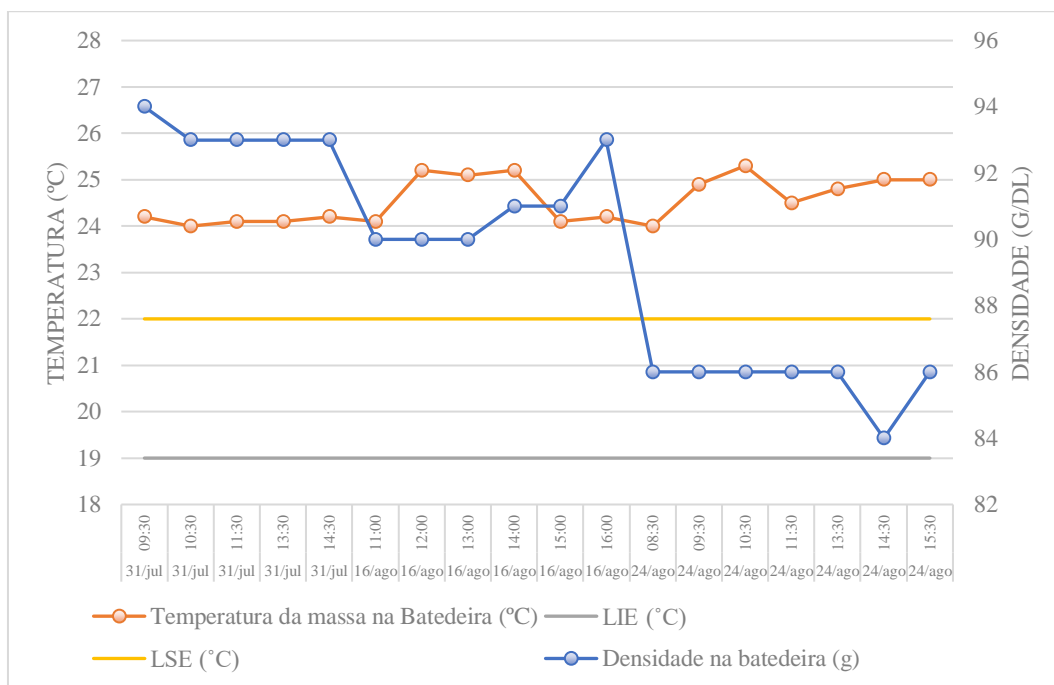


Figura 5.23 - Temperatura da massa baunilha *marca própria* na batedeira e sua respectiva densidade

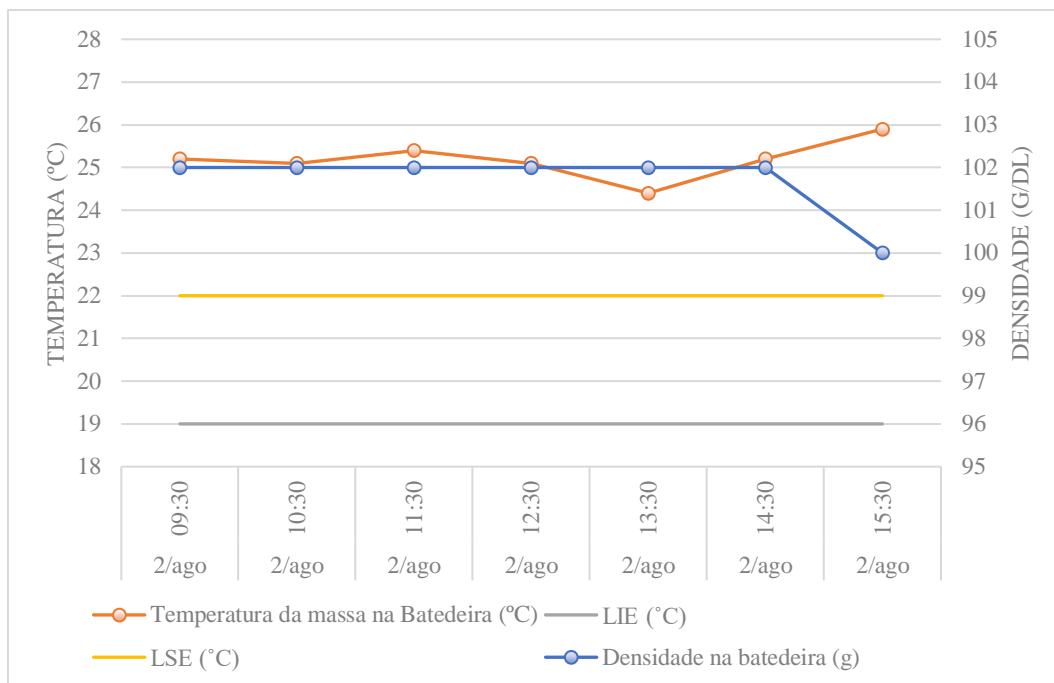


Figura 5.24 - Temperatura da massa cacau *Dan Cake* na batedeira e sua respetiva densidade

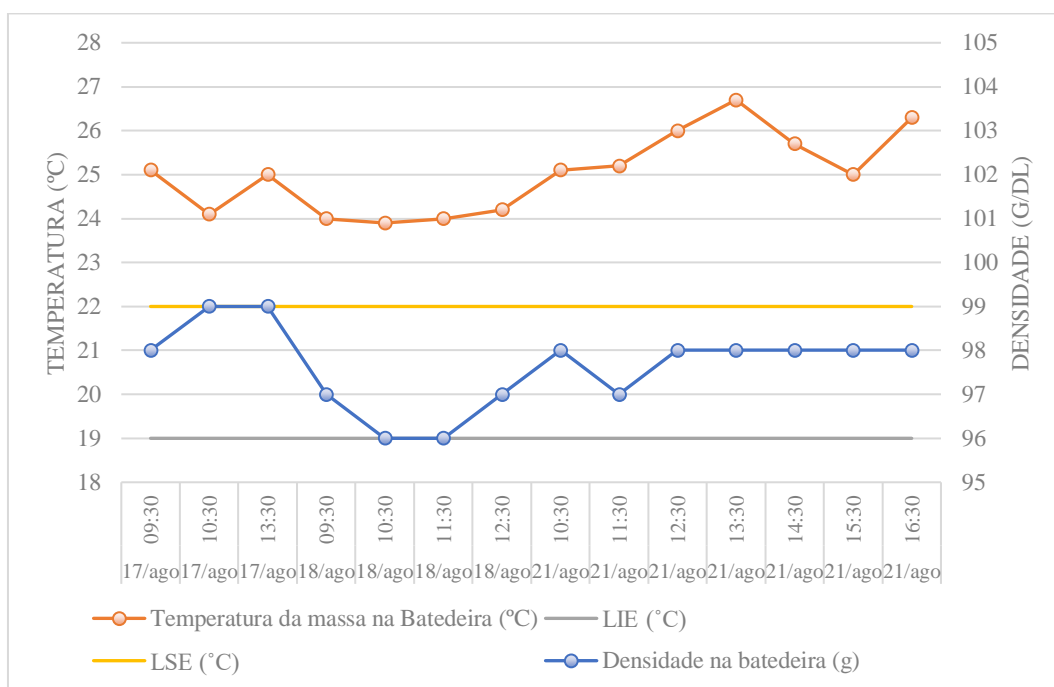


Figura 5.25 - Temperatura da massa cacau *marca própria* na batedeira e sua respetiva densidade

Na receita, os ingredientes de maior quantidade são: a farinha de trigo, o açúcar, os ovos e a água. Os ovos encontram-se numa camara de frio para os manter à temperatura ideal de segurança, a farinha é armazenada nuns silos exteriores, sem qualquer controlo de temperatura,

sendo que depois entra no processo através de uns silos intermédios, e a água que entra processo é água da canalização que não tem qualquer tipo de controlo de temperatura, ou seja, está à temperatura ambiente, assim como a farinha. Posteriormente será feita uma análise à temperatura da água.

Para demonstrar as diferenças que se observaram nas densidades da massa, elaborou-se um estudo da dispersão das densidades de janeiro a agosto para as quatro massas.

Recolha de Dados

Foram recolhidos os dados de janeiro a agosto, deste ano, dos históricos da empresa.

Normalmente, os dados são recolhidos sempre que é produzida uma massa, ou seja, em intervalos de 10 a 15 min. A cada amostra é apenas efetuada uma medição, pelo que a dimensão é 1.

Existem muitas mudanças de produto e consequentemente paragens que afetam a frequência da recolha de amostras. A produção também não foi contínua, uma vez que o planeamento de produção se realiza de acordo com as encomendas por isso o número de amostras difere de massa para massa (tabela 5.16.).

Tabela 5.16 – Quantidade de dados recolhidos para cada massa

Massa	Janeiro - Agosto
Massa Baunilha <i>Dan Cake</i>	1060
Massa Cacau <i>Dan Cake</i>	439
Massa Baunilha marca própria	782
Massa cacau marca própria	626

Resultados

A característica estudada é a densidade das massas cruas, também se pretendia efetuar uma análise à temperatura, mas os históricos para esta característica não se encontravam completos.

Os dados retirados dos históricos para cada massa encontram-se nas figuras 5.26., 5.27., 5.28. e 5.29.

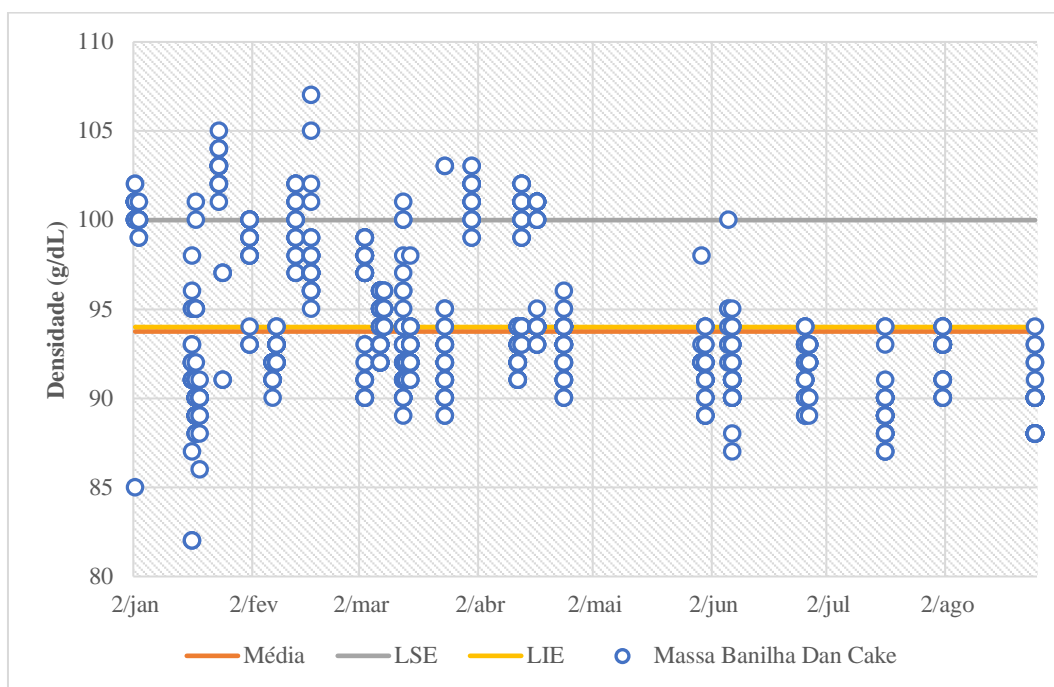


Figura 5.26 – Dispersão da densidade da massa baunilha *Dan Cake* de janeiro a agosto

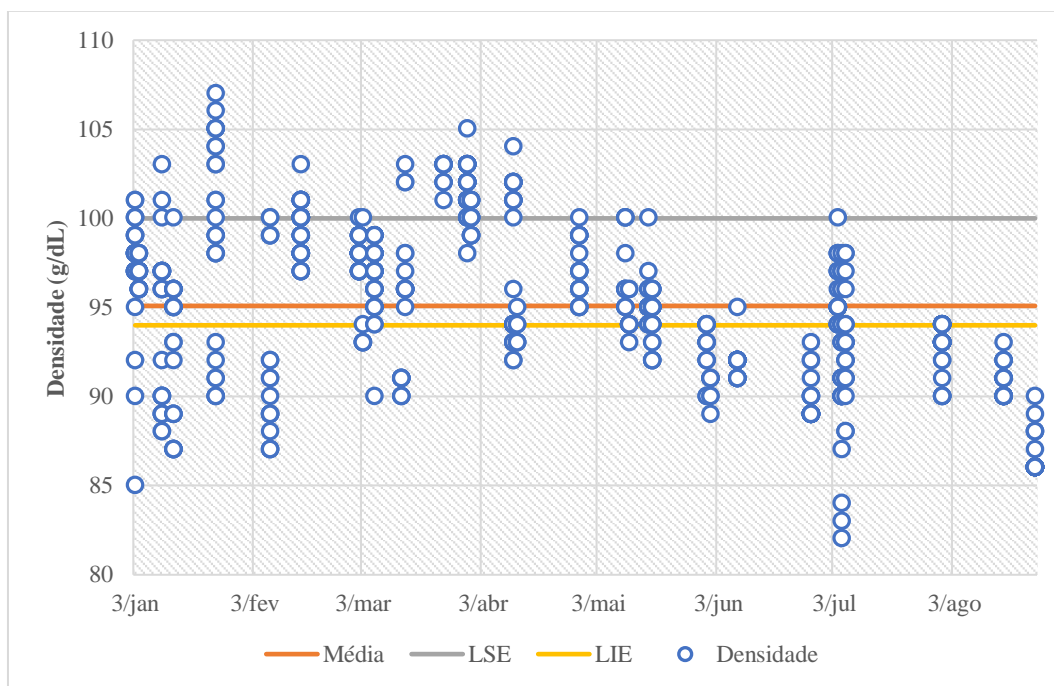


Figura 5.27 - Dispersão da densidade da massa baunilha *marca própria* de janeiro a agosto

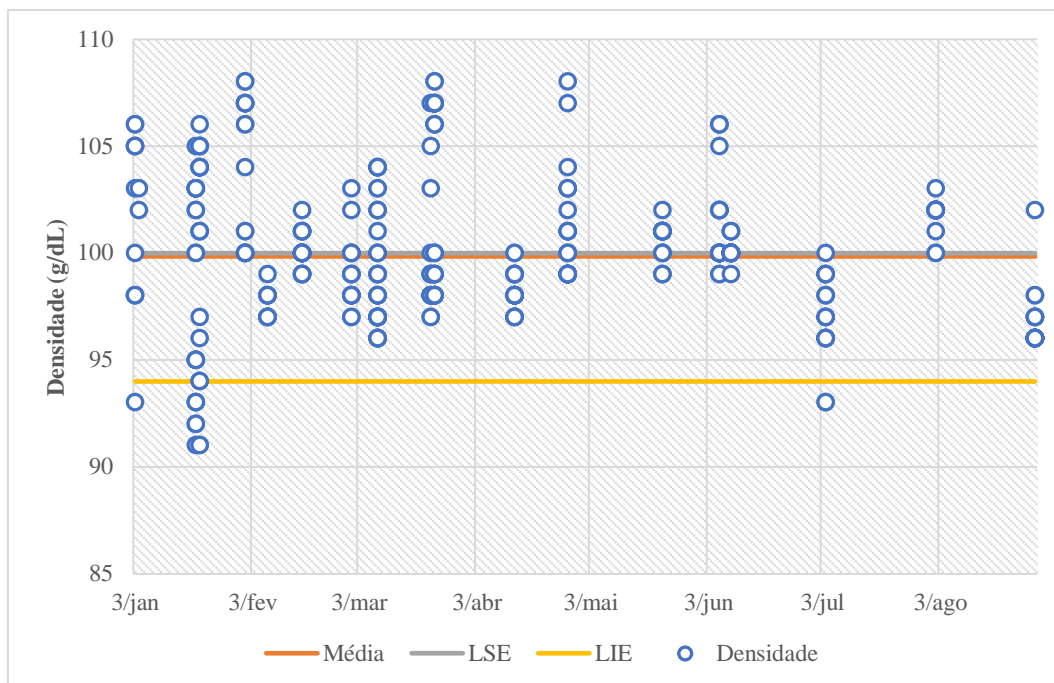


Figura 5.28 – Dispersão da densidade da massa cacau *Dan Cake* de janeiro a agosto

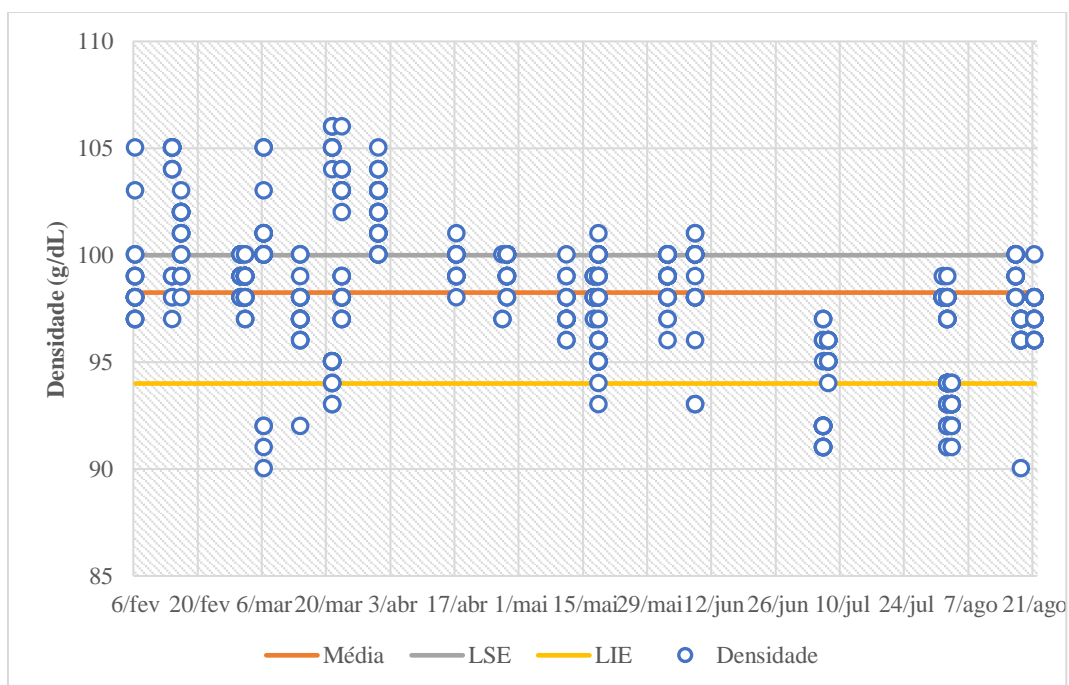


Figura 5.29 - Dispersão da densidade da massa cacau *marca própria* de janeiro a agosto

Os resultados indicam que as massas de cacau são, por norma, mais densas que as massas de baunilha porque levam mais ingredientes, o cacau alcalino e o óleo de mármore, que fazem

com que a massa seja mais densa. Também existem influências da mão-de-obra, com densidades diferentes nos mesmos dias. Se ocorrerem diferenças no modo de preparação das massas, estas podem ter densidades diferentes. Seria ideal uma tentativa de normalização do modo como são preparadas as massas.

Das figuras dos gráficos 5.26., 5.27., 5.28. e 5.29., podemos, ainda, observar que as densidades diminuíram, em norma, desde janeiro a agosto, e que em média a massa de baunilha *Dan Cake* não cumpre o limite mínimo de especificação. Sendo que, no geral, existe uma diminuição da densidade nos meses de verão. Como o processo não tem controlo de temperatura, para reduzir a variabilidade das massas deveria existir um *chiller* que arrefece-se a água que entra no processo.

Tabela 5.17 - Média das densidades para cada massa

Massa	Densidade (g/dL)	LSE (g/dL)	LIE (g/dL)
Massa Baunilha <i>Dan Cake</i>	93,74	100	94
Massa Cacau <i>Dan Cake</i>	99,85	100	94
Massa Baunilha marca própria	95,09	100	94
Massa cacau marca própria	98,25	100	94

Na tabela 5.17, podemos observar que, em média, as massas de baunilha são menos densas que a massa de cacau. Uma outra opção para reduzir a variabilidade, seria estipular limites de especificação diferentes, para além de que deveria existir um plano de controlo diferente, na linha, entre o inverno e o verão, se não for possível a compra de um *chiller*.

5.5.3. Meio Ambiente

5.5.3.1. Temperatura da massa nas paragens

Sempre que há uma paragem e inicia-se um arranque, as condições anteriores de velocidade da bomba e fluxo de ar deixam de fazer o mesmo efeito. Por essa razão, efetuou-se um estudo à temperatura da massa, quando esta está parada para verificar se poderia existir algum efeito da temperatura e da ação do fermento.

O fermento utilizado na *Dan Cake* aumenta a velocidade de reação a partir dos 27°C, desta forma verificou-se se a temperatura da massa atingia estes valores.

Recolha de amostras

Foram recolhidas amostras de temperatura quando a linha estava parada, antes de ela arrancar, para verificar se a fermentação da massa pudesse estar a atuar uma vez que as temperaturas poderiam atingir os 27°C já que não existe nenhum tipo de arrefecimento da massa no depósito intermédio. Se a fermentação atuar a densidade da massa iria reduzir sendo que os pesos nos arranques seriam mais leves com as mesmas condições anteriores, pois a temperaturas mais altas a densidade também diminui.

Estes dados não foram recolhidos continuamente, uma vez que dependiam das paragens da linha.

Resultados

O gráfico obtido (figura 5.30.) compara o tempo de paragem com a temperatura do depósito intermédio e a temperatura na bateadeira quando a massa não estava parada.

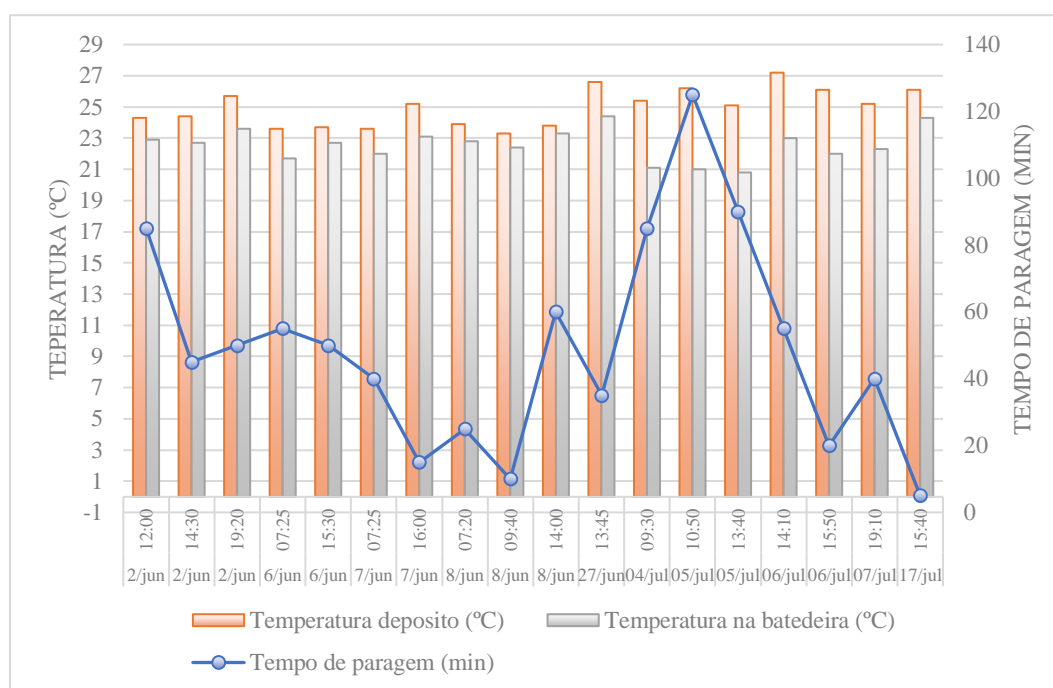


Figura 5.30 – Diferenças entre a temperatura do depósito intermédio e temperatura da massa na bateadeira

Da observação da figura 5.30., as temperaturas apenas atingem os 27°C numa medição, por isso não existe efeitos significativos de fermentação. Mas, podemos ainda observar que quanto maior for o tempo de paragem, maior será as diferenças de temperatura de quando a massa estava na batedeira e de quando a massa está no depósito intermédio. Estas paragens prolongadas podem afetar a densidade da massa, no entanto a massa ainda será incorporada com ar, sendo que quando arranca a linha são feitas as correções se a densidade com ar incorporado não estiver dentro dos parâmetros. O problema é: quando essa massa, que esteve parada, se esgotar do depósito, e ao processo já estiver a ser inserida massa nova, esta terá mais-ou-menos as mesmas condições que teria anteriormente à paragem e terá de se fazer uma nova medição do peso para verificar se as condições podem ser mantidas ou se devem ser feitos ajustes. O ideal para diminuir a variação deste caso seria controlar a temperatura.

5.5.3.2. Temperatura da água

Como referido anteriormente, o controlo da temperatura da água seria um fator importante para a estabilização das condições do processo. Por isso mesmo, foram recolhidos dados de temperatura da água de frequência horária e foi efetuada a sua comparação com a temperatura da batedeira.

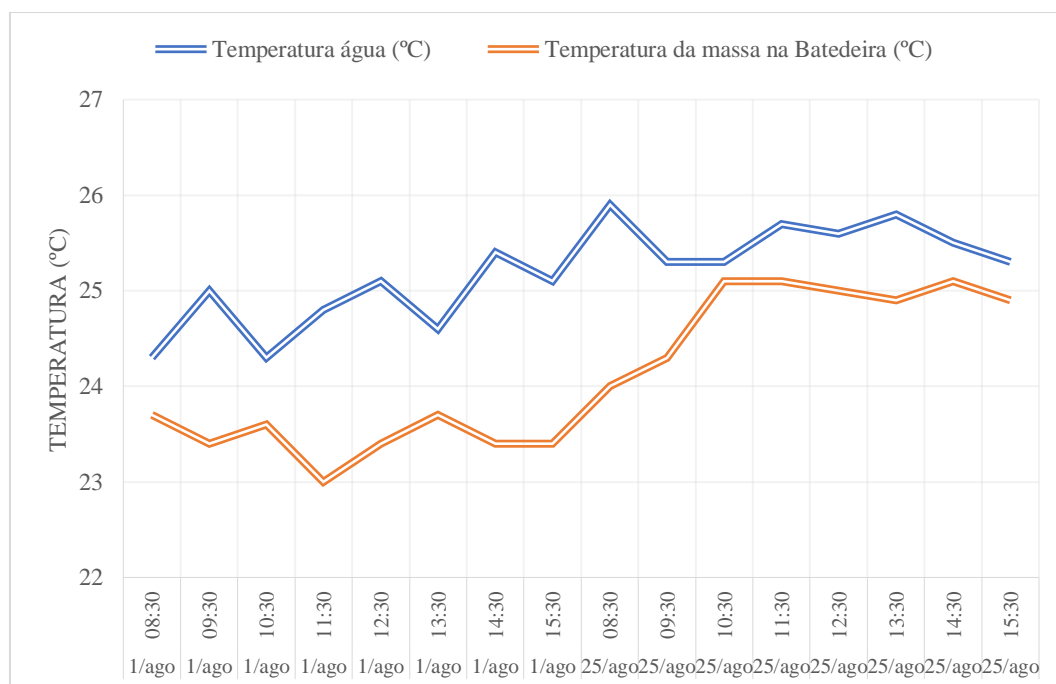


Figura 5.31 – Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de baunilha *Dan Cake*

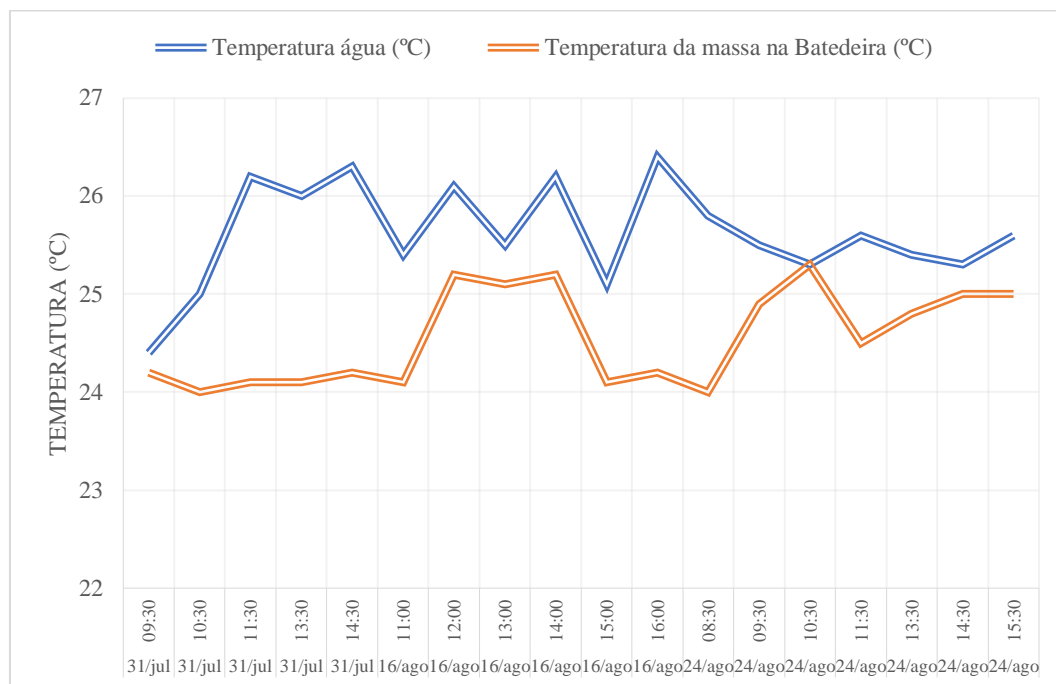


Figura 5.32 - Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de baunilha *marca própria*

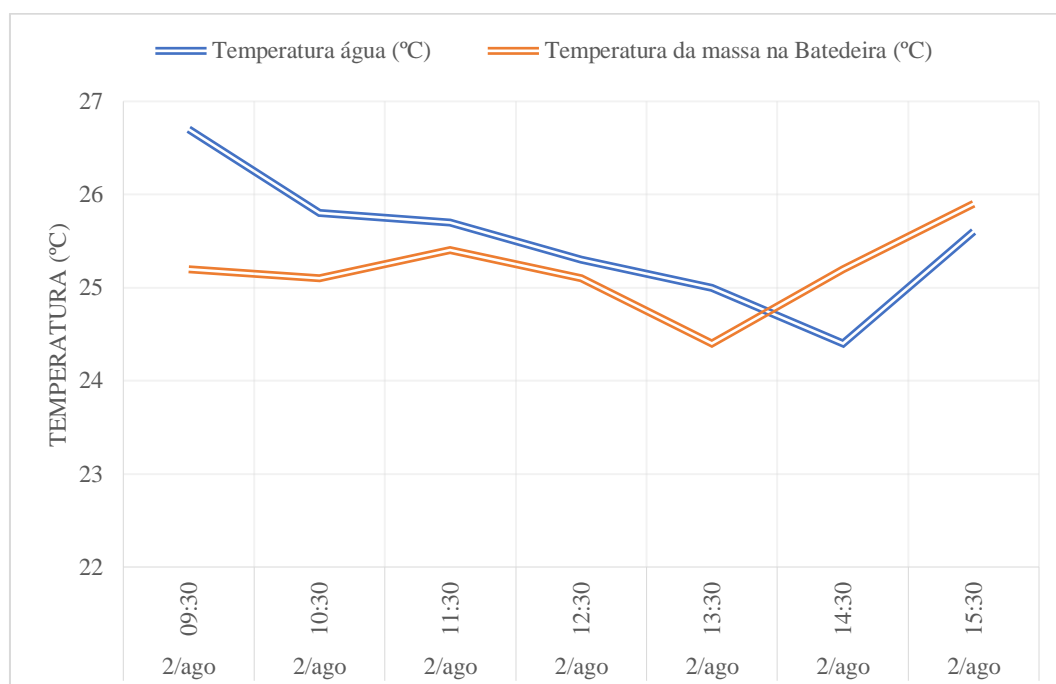


Figura 5.33 - Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de cacau *Dan Cake*

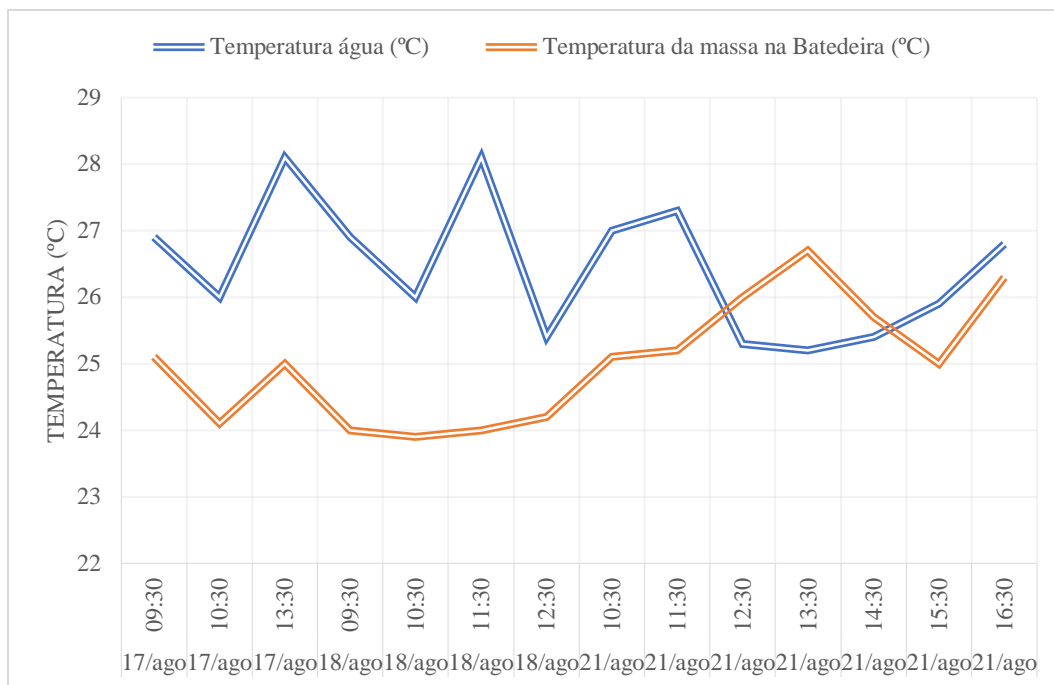


Figura 5.34 - Comparação entre a temperatura da água e a temperatura da massa para a massa de cacau marca própria

No geral, nos gráficos 5.31., 5.32., 5.33. e 5.34., para as quatro massas estudadas, apresentam a temperatura da água superior à temperatura da bateadeira, isto porque a água não é o único ingrediente que influencia a temperatura da massa. Os ovos, por exemplo, são colocados em maior quantidade que a água e, como vêm da câmara fria, conferem também temperatura à massa e por essa razão ela encontra-se abaixo da temperatura da água, mesmo assim o limite de especificação não é cumprido (19 a 20 °C). Estes gráficos serviram para demonstrar que a temperatura da água durante o mês de agosto é elevada e influencia a temperatura da massa na bateadeira. Como referido anteriormente, para reduzir a variabilidade, ou controla-se a temperatura da água, ou estabelece-se um novo plano com novos limites de especificação para o verão e para o inverno.

5.5.4. Tempos de descarga

Relacionado ainda com a zona das massas e das densidades, efetuou-se um estudo aos tempos de descarga dos ingredientes automáticos para verificar se estes eram iguais. Se um tempo de descarga for mais lento, o batimento da massa pode não ficar uniforme pois, o tempo de batimento pode terminar mais cedo e a incorporação dos ingredientes pode não ficar uniforme e, assim afetar as medições da densidade.

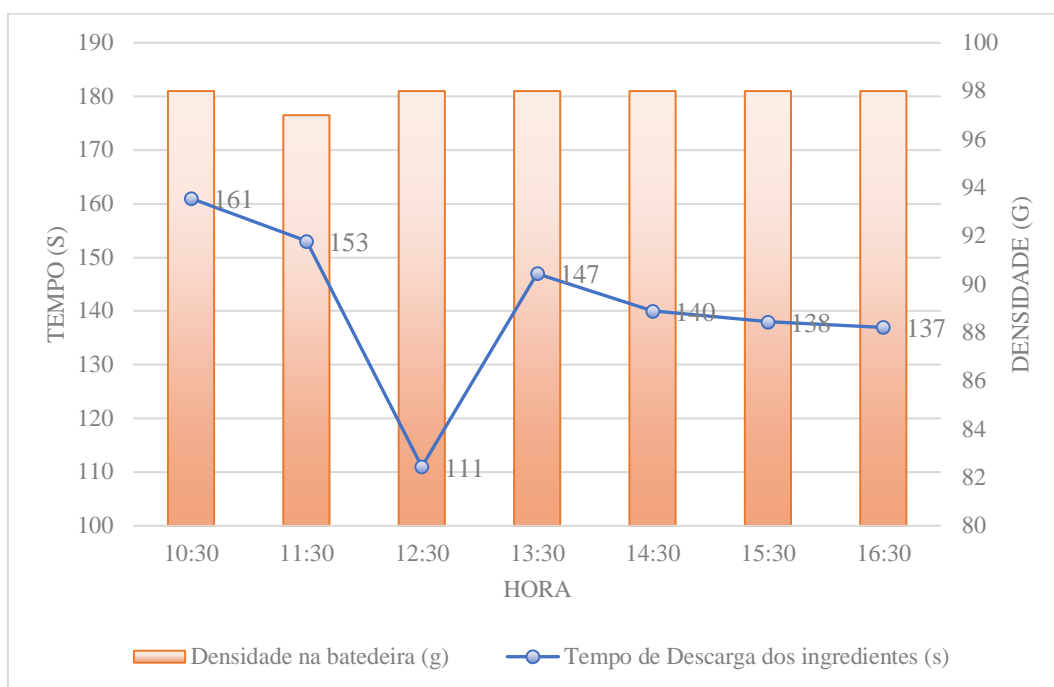


Figura 5.35 - Controle dos tempos de descarga e densidades na linha 4 no dia 21 de agosto para a massa cacau marca própria

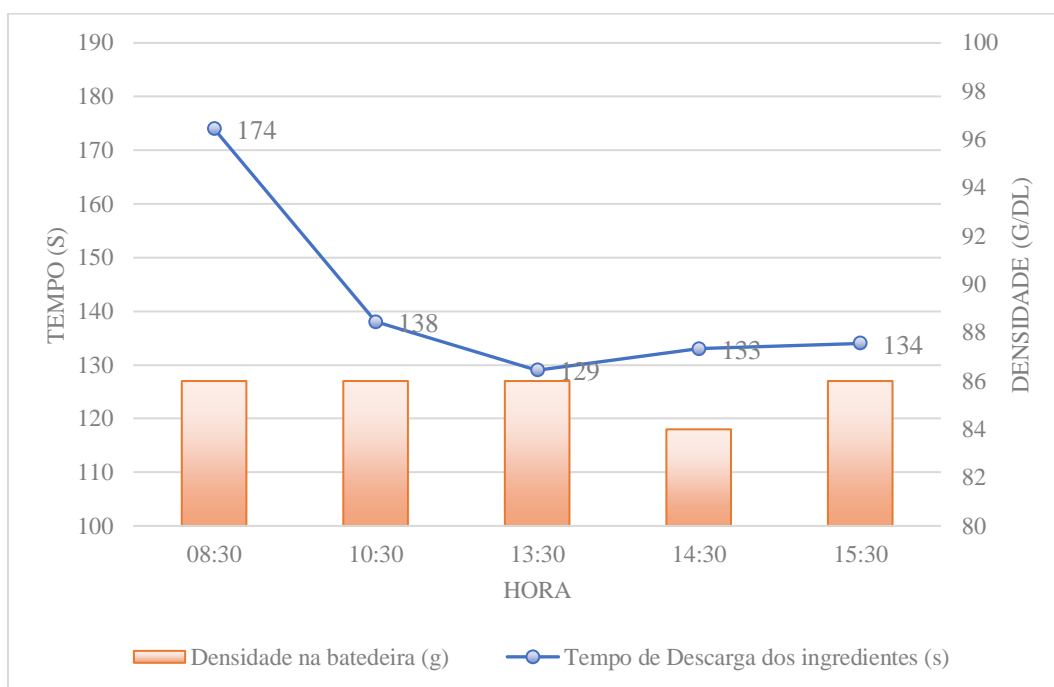


Figura 5.36 - Controle dos tempos de descarga e densidades na linha 4 no dia 24 de agosto para a massa baunilha Dan Cake

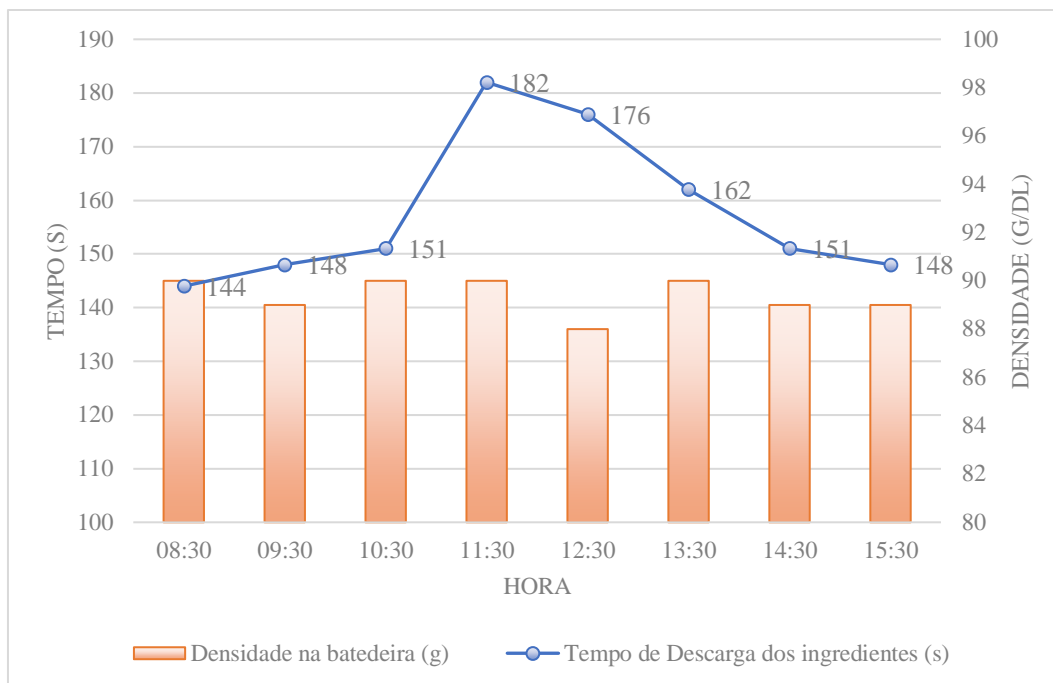


Figura 5.37 - Controle dos tempos de descarga e densidades na linha 4 no dia 25 de agosto para a massa baunilha marca própria

O objetivo deste estudo era verificar se houvesse um tempo mais lento, e se este afetava a densidade. Foram cronometradas medições de hora a hora e foram medidas as densidades. Para a figura 5.35., diminuiu a densidade no ponto 11:30, mas não foi por causa dos tempos de descarga, uma vez que estes oscilam muito pouco, só quando existe falta de um ingrediente é que demoram mais até à reposição do mesmo. Os resultados para as outras massas, nas figuras 5.36. e 5.37., demonstram que o tempo de descarga não altera significativamente as densidades, logo não confere muita variabilidade ao processo.

Para concluir esta etapa, elaborou-se um gráfico radar (figura 5.38.) com as causas estudadas de modo a analisar as que mais influenciavam o peso das massas à saída do forno, numa escala de 0 a 3, em que 0 não influência, 1 influência pouco, 2 influência e 3 influência muito.

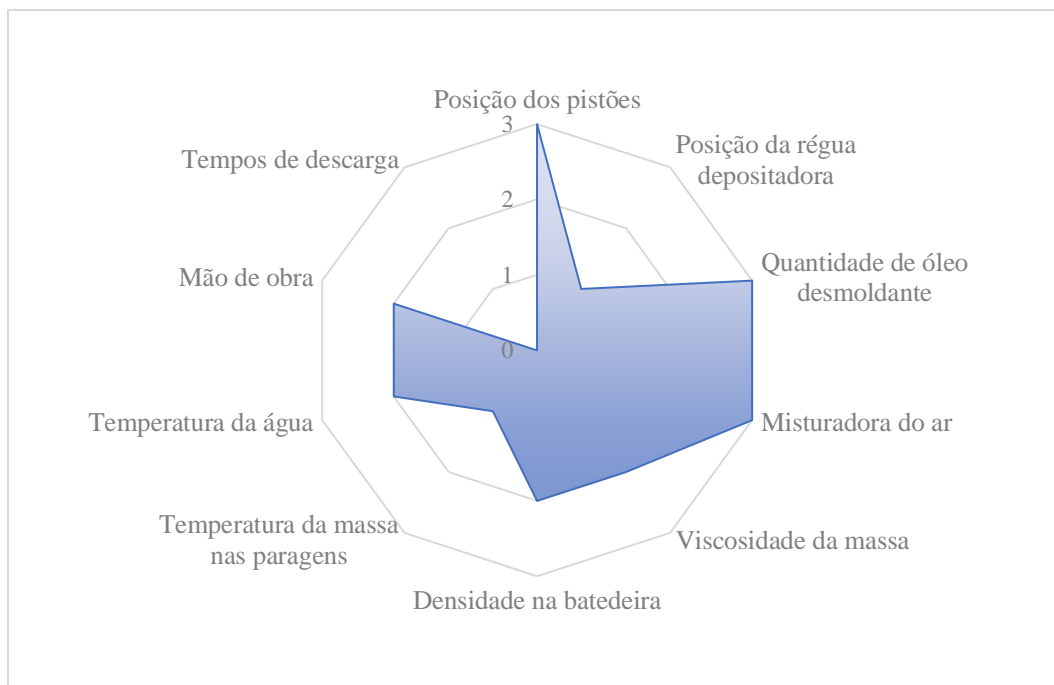


Figura 5.38 - Radar com as causas estudadas

Definiu-se que a posição dos pistões influencia muito, uma vez que se não tiverem ajustados o peso será afetado, assim como a quantidade de óleo, uma vez que se tiver óleo a mais a massa espalha-se mais na tela e, com cortes à saída do forno origina menos peso, se tiver óleo a menos irá a massa raspar na tela, perdendo parte do seu peso original, também a misturadora do ar porque se densidade não estiver com o valor especificado os pesos podem vir mais leves ou mais pesados. Apesar de não ter sido feito, um estudo por falta de recursos, desconfia-se que a misturadora do ar é o principal causador da variabilidade dos pesos uma vez que não se consegue controlar qual a quantidade de ar incorporada.

A viscosidade influencia na medida em que se tem de ajustar os pistões, e a densidade na bateadeira e temperatura da água também, uma vez que afetam as condições da linha, mas não são críticos uma vez que se podem manter durante um período de tempo. Por fim, a mão-de-obra influencia muito, uma vez que se os trabalhos não estiveram normalizados podem incorrer em variações, por exemplo, da densidade da massa na bateadeira.

5.6. Melhorar

Nesta etapa, serão apresentadas algumas propostas de melhoria, considerando os resultados da fase da análise e, ainda, serão especificadas as propostas que foram implementadas para reduzir a variação do peso da massa.

5.6.1. Propostas de Melhoria

Do diagrama de *Ishikawa* da figura 5.7., podemos verificar que muitos dos problemas da linha estão relacionados uns com outros, desta maneira efetuou-se um diagrama dos cinco porquês para descobrir a causa raiz e arranjar uma solução que possa reduzir a variabilidade do processo, resolvendo alguns dos problemas (figura 5.39.).

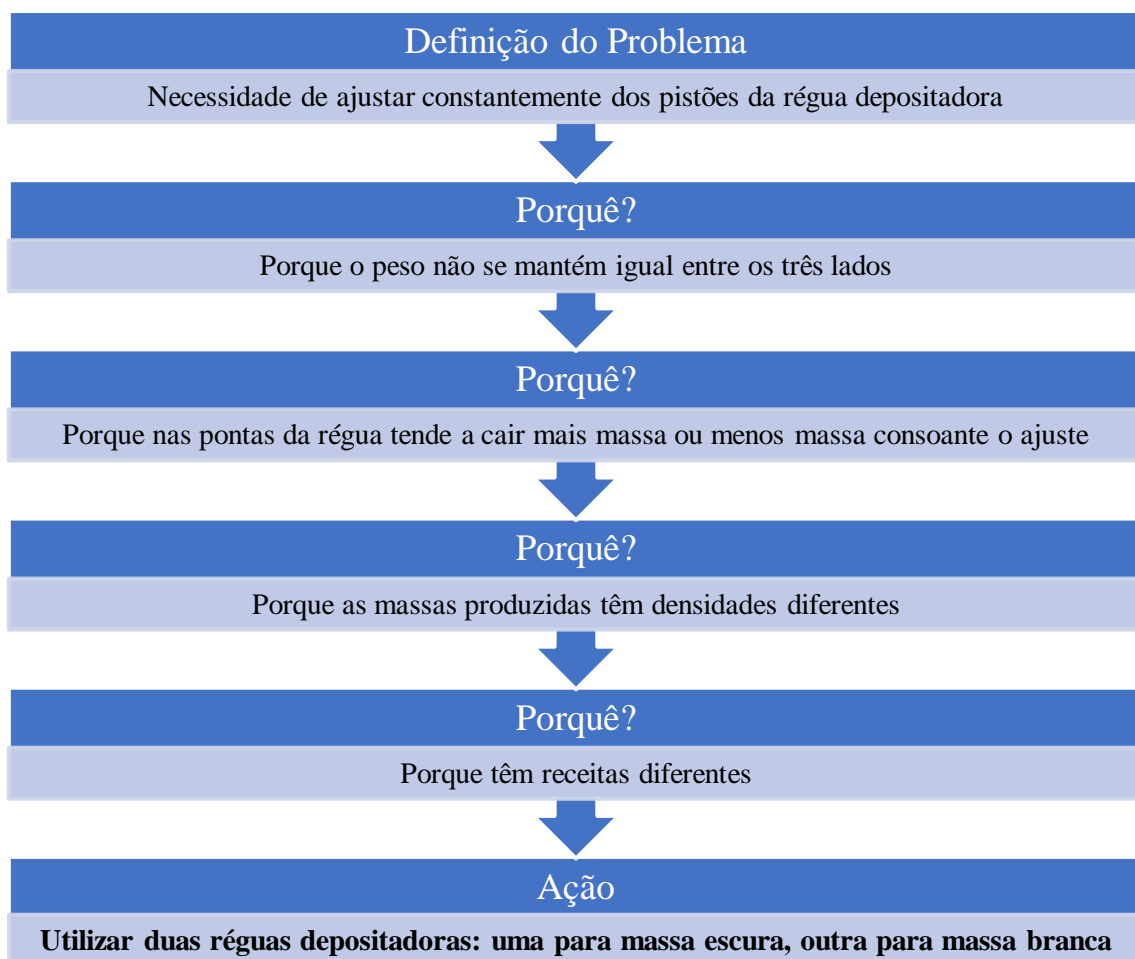


Figura 5.39 - Cinco porquês para problema de ajuste dos pistões

A solução proposta seria a implementação de duas régua depositadoras para as massas de baunilha e de cacau, uma vez que estas têm características diferentes. Assim, diminuía-se a necessidade de ajustar constantemente os pistões.

Outra solução, relacionada com a viscosidade das massas, que afeta a posição dos bicos, seria a reformulação das receitas, para tentar pelo menos que a massa de baunilha da *Dan Cake* tivesse uma viscosidade semelhante à massa de baunilha marca própria, assim diminuindo a discrepância entre as viscosidades das diferentes massas.

Ainda, em relação aos pistões deveria ser arranjada uma graduação uma vez que os ajustes efetuados são muito pequenos para serem visualizados a olho, mesmo com as marcações efetuadas.

Como no caso anterior, também para este podemos arranjar uma relação entre os problemas referidos na figura 5.7. Assim, efetuou-se, também, outro diagrama dos cinco porquês para descobrir a causa raiz e arranjar uma solução (figura 5.40.).

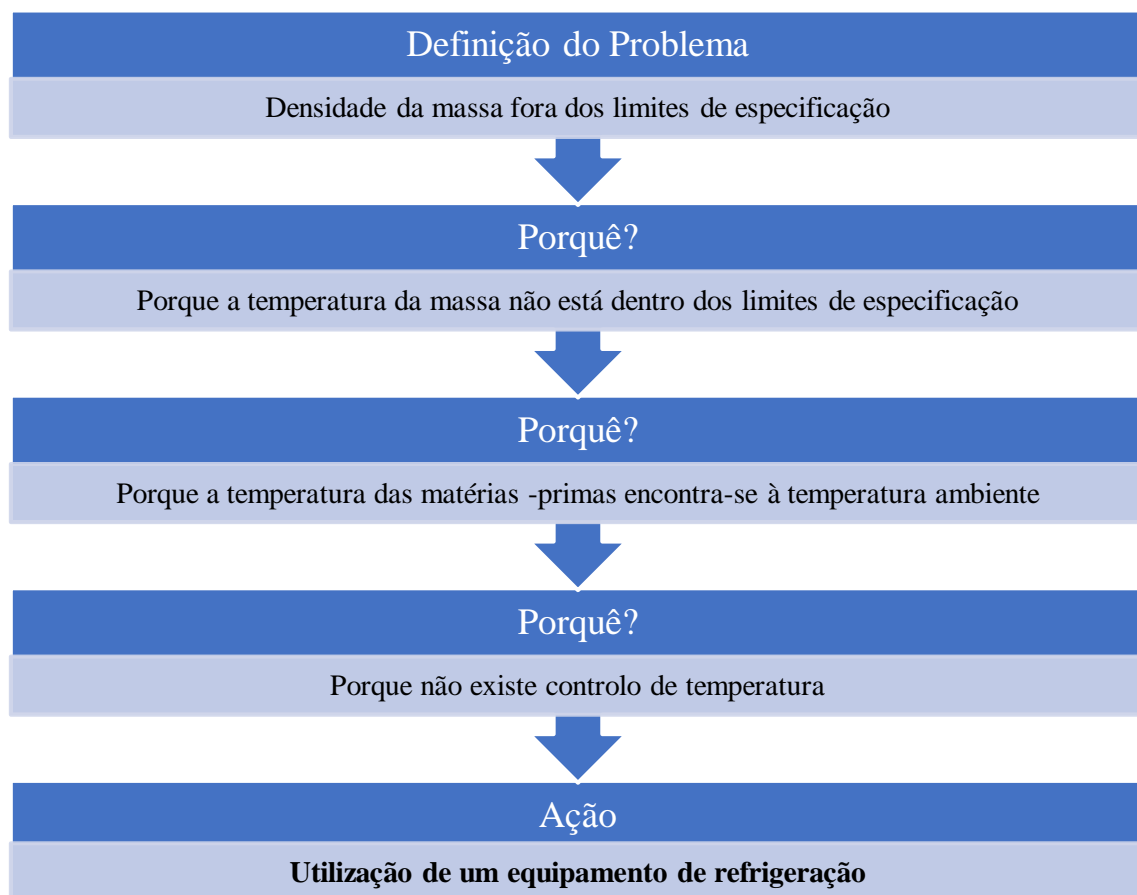


Figura 5.40 - Cinco porquês para o problema da densidade fora dos limites de especificação

Para resolver os problemas das densidades fora dos limites de especificação seria utilizar, por exemplo, um *chiller* para o arrefecimento da água, e assim ter um maior controlo das temperaturas e das densidades. Também se pode optar pela reformulação dos limites de especificação entre o inverno e o verão, uma vez que a massa em termos de aspeto e textura estava conforme, formulando um plano de controlo para tal.

Seria interessante efetuar um estudo mais aprimorado à misturadora de ar, uma vez que se desconfia que esta possa não estar a fornecer um caudal de ar constante, provocando variabilidade no processo.

Para o controlo de óleo desmoldante deveria ser colocado um manómetro de maior precisão para se poder fazer medições do valor correto do óleo e colocar uma ajuda visual no local.

Muitas destas ideias acarretam custos financeiros que não podem ser implementados uma vez que a empresa não pode investir atualmente nestas opções, pois o *payback* é muito longo.

5.6.2. Implementações

5.6.2.1. Posição dos pistões régua depositadora

Houve uma tentativa de marcar as posições dos pistões para que estes ficassem fixos, e se pudesse definir uma posição fixa, mas quando havia mudança de massa branca para massa escura e vice-versa, havia necessidade de se ajustar os pistões. Mesmo definindo duas posições, as condições anteriores não se mantiveram estáveis (densidade) pelo que estar a assumir uma posição poderia não ser o mais correto. Como referido, o mais fácil seria arranjar duas réguas depositadoras, uma para as massas de cacau, outra para as massas de baunilha.

Na figura 5.41., encontra-se o antes e o depois da numeração dos pistões e a sua respetiva marcação.

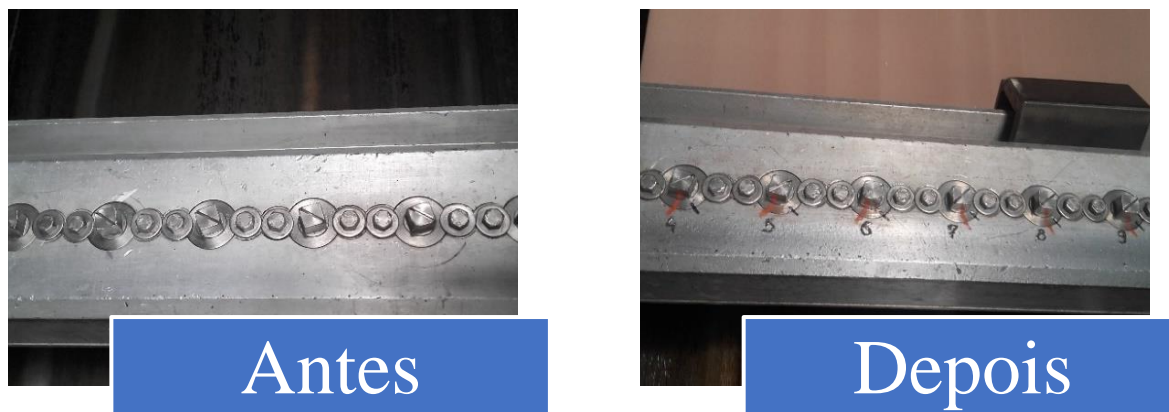


Figura 5.41 – Antes e depois dos pistões da régua depositadora

No entanto, arranjou-se uma outra solução. Quando eram efetuados ajustes na régua depositadora, por exemplo, ao lado esquerdo era mexidos os bicos 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. O que se percebeu da fase da análise é que as pontas normalmente eram as afetadas, ou seja, as duas “bolachas” das pontas. Cada bolacha equivale a, mais-ou-menos, 2 pistões, sendo assim apenas seria necessário o ajuste dos pistões 3, 4, 5, e 6, do lado esquerdo, e 20, 21, 22 e 23, do lado direito.

Por isso, elaborou-se uma instrução para colocar na folha de controlo dos pesos da massa à saída do forno, no verso da folha, em que informava para apenas ajustar os quatros pistões das pontas se houvesse problemas com o peso entre os lados (tabela 5.18.). E, ainda, como se notou diferenças na mudança de massa, também se colocou como ação corretiva, para abrir ligeiramente esses pistões das pontas quando se transitasse de massa de baunilha para massa de cacau, e vice-versa, para não ter problemas de concentração de peso no centro da tela (para massa de cacau) ou nas pontas (para massa de baunilha).

Tabela 5.18 – Ação Corretiva implementada

Ações Corretivas: Acerto Peso Massa	
Arranque/ Mudança de Produto	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrancar com os valores indicativos da bomba (tabela afixada no local)</u> • <u>Quando existir:</u> <ul style="list-style-type: none"> → Mudança de massa branca para escura: abrir (um pouco) os pistons das pontas (os numerados: 3, 4, 5 e 6; 20, 21, 22 e 23). → Mudança de massa escura para branca: fechar (um pouco) os pistons das pontas (os numerados: 3, 4, 5 e 6; 20, 21, 22 e 23).
Massa Pesada	Massa leve
<p>Massa pesada ao longo de toda a tela: Diminuir o variador geral da bomba.</p> <p>Massa pesada numa das zonas da tela: Fechar (um pouco) os pistons da ponta afetada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esquerda: 3, 4, 5 e 6 • Direita: 20, 21, 22 e 23 <p>Massa pesada no centro da tela: Abrir pistons das pontas (3, 4, 5 e 6; 20, 21, 22 e 23) uma vez que os pistons do centro não se mexem (pistons fixos = totalmente abertos) e regular o geral em caso de necessidade.</p>	<p>Massa leve ao longo de toda a tela: Aumentar o variador geral da bomba.</p> <p>Massa leve numa das zonas da tela: Abrir (um pouco) os pistons da ponta afetada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esquerda: 3, 4, 5 e 6 • Direita: 20, 21, 22 e 23 <p>Massa leve no centro da tela: Fechar pistons das pontas (3, 4, 5 e 6; 20, 21, 22 e 23) uma vez que os pistons do centro não se mexem (pistons fixos = totalmente abertos) e regular o geral em caso de necessidade.</p>

5.6.2.2. *Posição da régua depositadora*

Uma das primeiras implementações foi a colocação de um suporte à medida do encaixe. Anteriormente, existiam uma marcação que por vezes não era cumprida. Desta maneira, os operadores sabem qual é a medida correta e fica fixada a régua numa posição (figura 5.42.).

Este suporte não é fixo, podendo assim, em último recurso, mover a régua depositadora.



Figura 5.42 – Antes e depois da colocação do suporte

5.6.2.3. *Óleo desmoldante*

O ideal neste caso seria arranjar um manómetro de maior precisão para medir um valor de quantidade de óleo ideal. Mas como não foi possível a compra de um novo manómetro implementou-se uma ajuda visual que indica para limpar o filtro do óleo antes do arranque da linha, uma vez se este tiver sujo a quantidade de óleo inserida na tela será insuficiente.

A localização desta ajuda visual encontra-se representada na figura 5.43., onde assinalado a azul encontra-se o local onde foi colocada.



Figura 5.43 – Local onde foi colocada a Instrução da limpeza do filtro de óleo

5.6.2.4. Densidade da massa na batedeira

Uma medida implementada para resolver o problema das densidades inferiores ao limite inferior de especificação foi a diminuição do tempo de batimento da massa de baunilha *Dan Cake* de 3 para 2 minutos a 31 de julho, mas não se observou melhorias significativas (figura 5.44.).

INSTRUÇÃO DE FABRICO	
Sector: Pesagem e Amassagem	
<div> <div> </div> <div> <p>IF L04.PA.01 Revisão: 00 Data: 01.08.2016</p> </div> </div>	
Produto	Tempo Batimento
Massa Baunilha Marca Própria	Lento: 1 min Rápido: 3 min
Massa Baunilha GL26 DC/DS / Massa Cacau Marca Própria	<div> <p>CACAU</p> <p>Lento: 3 min Rápido: 3 min</p> </div> <div> <p>Batido Lento: 2 Rápido: 3</p> </div>
Massa Cacau GL26 DC/DS	Lento: 3 min Rápido: 4 min

→ Iniciar batimento no momento da inicia da descarga

Nota: Os tempos/ rotações das diferentes fases podem ter de ser alterados para ajuste da densidade da massa;

Figura 5.44 – Alteração efetuada nos tempos de batimento

5.6.2.5. *Ajuste da velocidade da bomba*

Existe um histórico de valores de velocidade de bomba afixado no painel da figura 3.11. já implementado anteriormente a este projeto. A cada produção, se esta se mantivesse estável, eram apontados os valores no histórico para cada tipo de massa produzida. Houve um acompanhamento próximo dos valores de velocidade da bomba, e por essa razão, foram atualizados, antes do final do projeto, os valores de velocidade de bomba. Sendo esta uma implementação também efetuada.

5.6.2.6. *Ações de sensibilização*

Tanto para a instrução à saída do forno como para a instrução da limpeza do filtro do óleo foram elaboradas ações de sensibilização.

As ações de sensibilização servem para informar as pessoas de novas instruções de trabalho ou ajudas visuais.

Para a instrução à saída do forno informou-se os chefes de linhas e das massas e os operadores que costumam ficar na zona das massas. Para instrução do óleo apenas de informou as pessoas da zona das massas uma vez que têm mais contacto com o funcionamento do óleo desmoldante.

O cortador da massa também foi endireitado para não causar erros de medição.

5.6.3. Estado atual do sobrepeso

Uma vez que as melhorias descritas neste capítulo, foram implementadas entre junho e agosto decidiu-se novamente, observar o estado do sobrepeso para se verificar se tinham ocorrido algumas mudanças positivas neste. O gráfico da figura 5.45., demonstra que as melhorias implementadas não foram suficientes, existindo dias em que o sobrepeso ultrapassa o objetivo, e que é necessário implementar algumas das propostas sugeridas e outras que possam surgir para melhorar o processo de modo a reduzir significativamente a sua variabilidade.

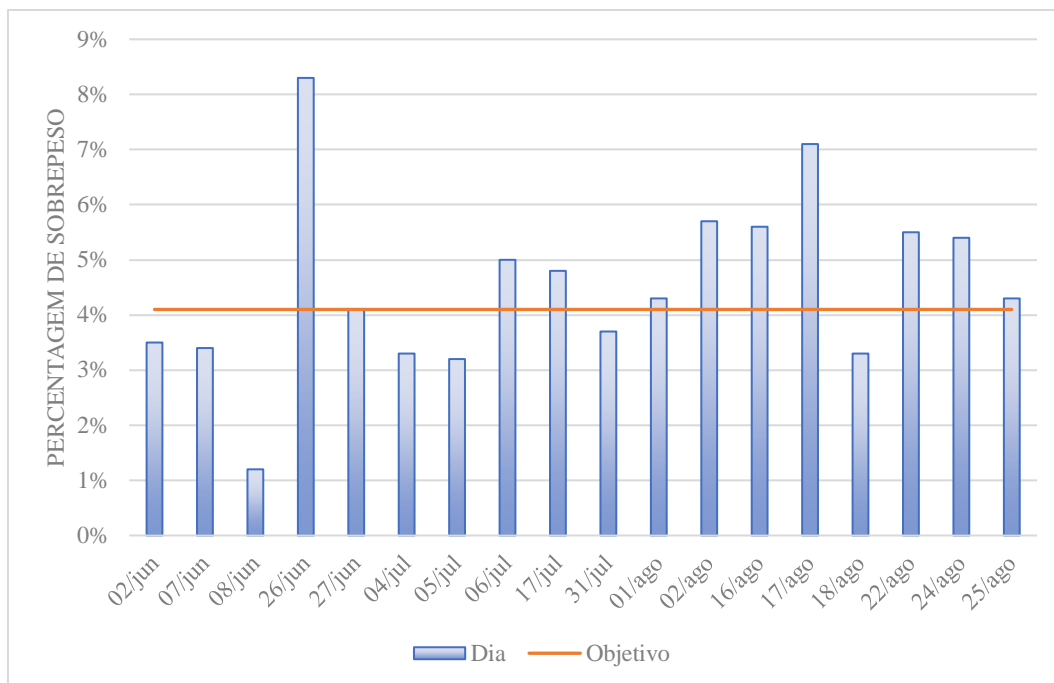


Figura 5.45 – Sobrepeso atual entre os dias de junho a agosto

5.7. Controlar

Uma vez que o trabalho de estágio ocorre num tempo limitado, não foi possível monitorizar as implementações efetuadas, principalmente a de maior importância: nova folha de controlo à saída do forno.

6. Conclusões e propostas de trabalho futuro

Este projeto insere-se no âmbito da melhoria contínua da linha das tortas, em que foi estudada a variabilidade dos pesos da massa das tortas à saída do forno. Para isso foi aplicada a metodologia DMAIC.

Na fase definir, elaborou-se uma carta do projeto para definir o seu objetivo, tempo de duração, benefícios para a organização, métricas de processo, entre outras.

Na fase de medir, foram recolhidas amostras dos dados dos pesos à saída do forno da linha das tortas e foram elaboradas cartas de controlo para verificar se o processo se encontrava sob controlo estatístico. Em algumas características, houve uma falha nos pressupostos de aleatoriedade, o que indica que o processo está a ser afetado por causas especiais. Mesmo assim elaborou-se uma análise da capacidade dos processos e em termos teóricos, nenhum dos valores atinge 1.33, valor da literatura para se trabalhar com variabilidade reduzida.

Na fase de analisar, foram analisadas as causas que podiam estar a influenciar a variabilidade dos pesos à saída do forno. Das causas agrupadas no diagrama de *Ishikawa* elaborado foram estudadas as seguintes: posição dos pistões na régua depositadora, posição da régua depositadora, quantidade de óleo desmoldante, densidade e temperatura da massa crua na bateadeira, viscosidade da massa crua, temperatura da massa nas paragens, temperatura da água, mão-de-obra e tempos de descarga dos ingredientes.

Do estudo da posição dos pistões, conclui-se que, as extremidades da massa eram as mais afetadas em termos de peso uma vez que, como a massa é alimentada pelas pontas e nessa zona encontram-se os pistões ajustados, a massa tende a ter mais ou menos quantidade em relação ao centro.

A quantidade de óleo na tela afeta o peso da massa, se a quantidade óleo for em demasia, faz com que a massa se “espalhe” mais pela tela, diminuindo o peso, se for pouca, faz com que a massa se agarre à tela e prejudique as condições da massa. Uma vez que, com alguma frequência acontecem problemas relacionados com o sistema de colocação de óleo desmoldante na tela, este deveria ser melhorado ou investir-se num novo sistema, uma vez que é uma causa que dá bastante variabilidade ao processo.

Para a misturadora de ar, como proposta futura, deveria ser estudado se o caudal de ar é constante, já que é uma das principais causas que dão bastante variabilidade ao processo.

Foi desenvolvido um método para medir a viscosidade de forma indireta. Os resultados da viscosidade permitiram distinguir que a massa de baunilha *Dan Cake* tem um tempo de escoamento maior que as restantes, com um valor médio de 282 segundos. No geral, as massas de baunilha *Dan Cake* e marca própria (108 segundos) têm um tempo de escoamento superior às massas de cacau da *Dan Cake* (71 segundos) e marca própria (77 segundos), isto porque têm densidade inferior. Por esta razão, é necessário efetuar sempre ajustes nos pistões da régua depositadora, uma vez que as massas não se comportam da mesma maneira. Para resolver a variabilidade causada por este fator, seria a reformulação da receita da massa de baunilha *Dan Cake* para diminuir a discrepância entre as massas.

Do estudo da densidade conclui-se que existem vários fatores que afetam esta: temperatura da massa, temperatura das matérias-primas, tempos de paragens e mão-de-obra. A temperatura da massa não se encontra dentro dos limites de especificação pois é influenciada pela temperatura das matérias-primas, pois estas não têm nenhum tipo de controlo de temperatura. A mão-de-obra se não tiver um trabalho normalizado também afeta o valor das densidades. Existe uma diferença significativa entre os meses de verão e os meses de inverno, a dispersão dos valores de densidade tende a diminuir de janeiro a agosto. Seria importante estabelecer novos limites de especificação para as densidades, uma vez que em médias das massas escuras são mais densas (aproximadamente, 100 e 98 g/dL para massa de cacau *Dan Cake* e marca própria respetivamente) em relação às massas de baunilha (aproximadamente, 94 e 95 g/dL para massa de baunilha *Dan Cake* e marca própria respetivamente).

Os tempos de paragem também afetam a densidade, uma vez que quanto mais tempo a massa estiver parada mais elevada será a sua temperatura, e consequentemente afetará a sua densidade. Dos resultados obtidos, a fermentação não afeta significativamente o processo durante as paragens.

Os tempos de descarga não demonstraram qualquer efeito significativo na densidade das massas.

Na fase de melhorar, foram propostas algumas melhorias futuras como a implementação de uma segunda régua, para diferenciar as massas de baunilha e cacau, uma vez que têm comportamentos diferentes, e a introdução de um *chiller* para o arrefecimento da água, para existir um maior controlo da densidade. Uma vez que estas propostas têm um *payback* muito longo, em solução da segunda régua, implementou-se uma ação corretiva na folha de controlo dos pesos da

massa à saída do forno para indicar como fazer os ajustes dos pistões da régua para mudanças de massa e, assim diminuir a variação que existe na mudança. Em relação às densidades, seria proposto a implementação de um plano de controlo diferente para as densidades no verão e para as densidades no inverno.

Ainda seria do interesse da empresa em adquirir um manómetro de maior precisão para o depósito do óleo, para se estabelecer um valor de quantidade e ainda, adquirir uma graduação para controlar a posição dos pistões na régua.

Foram implementadas pequenas melhorias como a numeração dos pistões e a colocação de um suporte para definir uma posição da régua depositadora, assim como foi elaborada uma instrução para a limpeza do filtro do óleo desmoldante e uma atualização das velocidades de bomba.

Como proposta de futuro, seria a finalização do projeto executando a fase de controlo, aplicando as cartas de controlo quando o processo estiver sob controlo estatístico.

Conclui-se que a linha de produção das tortas, ainda tem muito variabilidade associada e é necessário a implementação de algumas das propostas sugeridas e novas ideias para se obterem resultados significativos.

Referências Bibliográficas

- Bass, I. (2007). *Six Sigma Statistics with Excel e Minitab*. Mc Graw Hill.
- Campão, C., Godoy, L., Lorenzetti, D., & Godoy, T. (2011). *Análise dos custos da qualidade: um estudo de caso em uma empresa alimentícia*.
- Carneiro, A. F. (2017). *Análise de Variabilidade num Processo Industrial de Produção de Bolachas*. Faculdade de Engenharia - Universidade do porto.
- Chhabra, R. P. (Janeiro de 2010). *Non-Newtonian Fluids: An Introduction*. Obtido em 20 de Setembro de 2017, de <http://www.physics.iitm.ac.in/~compflu/Lect-notes/chhabra.pdf>
- Coimbra, E. A. (Fevereiro de 2010). Dan Cake implementa processo melhoria contínua para crescer. *Kaizen Lean Innovations News*, 3.
- Dan Cake S.A. (Portugal). (2017). Obtido em 17 de Março de 2017, de Dan Cake: <http://dancake.pt/pt/quem-somos>
- Department of trade and Industry. (s.d.). *The Evolution of Quality*. Obtido em 20 de Junho de 2017, de <http://www.dti.gov.uk/quality/evolution>
- Domingues, J. P. (2013). *Aplicação de Ferramentas Lean e Seis Sigma numa Indústria de Sistemas de Fixação*. Caparica: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Engmann, S., & Cousineau, D. (2011). Comparing Distributions: The Two-sample Anderson-Darling test as an Alternative to the Kolmogorov-Smirnoff Test. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 3.
- Fellows, J. P. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Elsevier. Obtido de https://books.google.pt/books?id=t4ykAgAAQBAJ&pg=PA37&lpg=PA37&dq=newtonian+and+non+newtonian+fluids+cake+batter&source=bl&ots=xfkrvHgpYT&sig=er2FTmB4iei425Yq4kqk3b8mnLQ&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwjgit_21LLWAhUDJIAKHU63B4A4ChDoAQgrMAE#v=onepage&q=newtonian%
- Ferraro, A. (s.d.). *Go Lean - Visual Factory*. Obtido em 22 de Março de 2017, de Kaizen News: <https://www.kaizen-news.com/go-lean-visual-factory/>
- Gabor, C., & Munteanu, D. (2010). A Short Overview on Six Sigma. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov - Series I: Engineering Science*, 3, 52.
- Gemba Walks. (s.d.). Obtido em 18 de Agosto de 2017, de Health PEI One Island Health System: http://www.gov.pe.ca/photos/original/src_leangemwalk.pdf

- How many belts are there in six sigma certification?* (15 de Dezembro de 2016). Obtido em 16 de Agosto de 2017, de MSI - Management and Strategy Institute: <https://www.msicertified.com/blog/how-many-belts-are-there-in-six-sigma-certification>
- Innophos, Inc. (s.d.). *Sodium Acid Pyrophosphate -SAPP*. Obtido em 8 de Agosto de 2017, de [http://www.innophos.com/___documents/SAPP%20ADS\(3\).pdf](http://www.innophos.com/___documents/SAPP%20ADS(3).pdf)
- Joseph, A., & Jayamohan, M. (Maio de 2017). Evaluation of Overall Equipment Effectiveness and Total Effective Equipment Performance: A case study. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 4.
- KB - KERN & SOHN GmbH. (s.d.). Obtido em 23 de Maio de 2017, de <https://www.kern-sohn.com/pt/KB>
- Lim, S., Antony, J., & Albliwi, S. (2014). Statistical Process Control (SPC) in Food Undustry . A Systematic Review and Futura Research Agenda. *Trends in Food Science And Technology*, 137-151.
- Linderman, K., Roger, G. S., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 193-203.
- Marques, P., Requeijo, J., Saraiva, P., & Frazão-Guerreiro, F. (2013). Integrating Six Sigma with ISO 9001. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4, 36-59.
- Minitab. (2017). *Como a estatística de Anderson-Darling é usada para avaliar o ajuste de distribuição*. Obtido em 8 de Setembro de 2017, de Suporte ao Minitab 18: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/distributions-and-transformations-for-nonnormal-data/anderson-darling-and-distribution-fit/>
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6.^a ed.). EUA: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An Overview of Six Sigma. 18.
- Montgomery, D. (1991). *Design and analysis of experiments*.
- Morais, I. (2005). Gestão da Qualidade Total. *Gestão da Produtividade e Qualidade*, 7.
- Noorwali, A. (Março de 2016). *Investigating Different Types of Variability in Food Production System*. Obtido de [https://www.dora.dmu.ac.uk/bitstream/handle/2086/12264/Ammar Noorwali PhD .pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.dora.dmu.ac.uk/bitstream/handle/2086/12264/Ammar%20Noorwali%20PhD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- oetker, C. F. (2001). *Chemical Leavening Agents* (2^a ed.).
- Ortiz, C. A., & Park, M. R. (2011). *Visual Controls: Applying Visual Management to the Factory*. Nova Iorque: CRC Press.
- Park, S. H. (2003). *Six Sigma for Quality Productivity Promotion*. Japão: Asian Productivity Organization.





- Pereira, Z. L., & Requeijo, J. G. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. Caparica: FFCT - Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Precision Weighing Balances*. (s.d.). Obtido em 21 de Setembro de 2017, de Acculab ALC210.4 analytical balance: <http://scaleman.com/alc2104-analytical-weighing-balance.html>
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook Revised and Expanded: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts and Managers at all Levels*. Mc Graw Hill.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Project Planner: A Step-by-step Guide to Leading a Six Sigma Project through DMAIC*. McGraw-Hill.
- Reid, R. D., & Sanders, N. R. (2005). *Operations Management*. Wiley.
- Santos, A. M. (2014). *Projeto de Melhoria Contínua - Aumento da Eficiência Global dos Equipamentos e da Capacidade Instalada numa Linha de Produção Alimentar*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Sartorius. (s.d.). Obtido em 4 de Setembro de 2017, de https://www.labmakelaar.com/fjc_documents/sartoriuscombics1_combics1plus_combics2.pdf
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma*. Wisconsin, EUA: American Society for Quality.
- Sondalini, M. (s.d.). *Understanding How to Use The 5-Whys for Root Cause Analysis*. Obtido em 21 de Setembro de 2017, de Lifetime Reliability Solutions: http://www.lifetime-reliability.com/tutorials/lean-management-methods/How_to_Use_the_5-Whys_for_Root_Cause_Analysis.pdf
- Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability and Maintainability*. Nova Iorque: CRC Press.
- Sumnu, S. G., & Sahin, S. (2008). *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods*. CRC Press. Obtido de https://books.google.pt/books?id=nkgojLvTyFgC&dq=non+newtonian+fluids+cake+batter&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s
- Vorne. (2016). *Calculate OEE*. Obtido em 10 de Agosto de 2017, de OEE.com: <http://www.oee.com/calculating-oee.html>
- Vorne. (2016). *Six Big Losses*. Obtido em 9 de Agosto de 2017, de OEE.com: <http://www.oee.com/oee-six-big-losses.html>
- Womack, J. (2013). *Gemba Walks*.

I. Anexo I

- Características físicas dos materiais
- *Gemba Walk*

a. Características dos Materiais

Tabela I.1 - Características de algum material

Funil			Figura
Características	Valor	Unidades	
Volume	300	mL	
Diâmetro grande	11	cm	
Diâmetro pequeno interior	2	cm	
Diâmetro pequeno exterior	1,8	cm	
Altura total	11,5	cm	
Altura 1	7	cm	
Altura 2	4,5	cm	
Cortador retangular			
Comprimento	30	cm	
Largura	22	cm	
Cortador circular			
Diâmetro	5,9	cm	
Altura 1	2,5	cm	
Altura total	10	cm	
Copo da densidade			
Volume	1	dL	
Diâmetro	5,2	cm	
Altura	5,5	cm	

b. Gemba Walk



GEMBA WALK

Linha 4



Nome
Data
Hora Início
Hora Fim

Layout

Linha 4

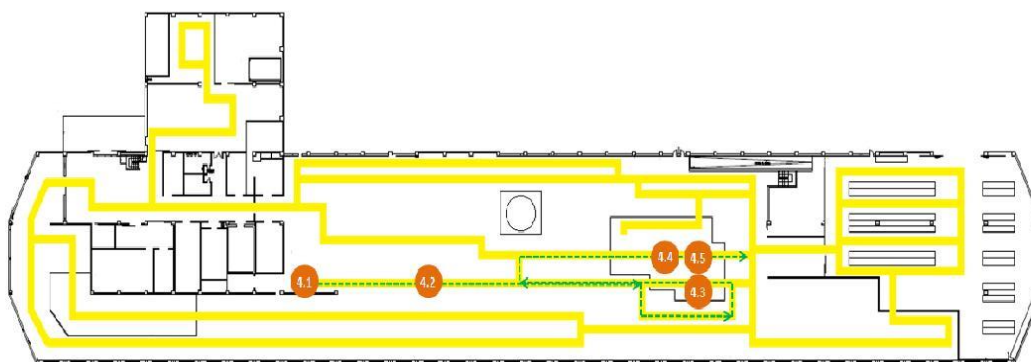


Figura I.1 – Folheto *Gemba Walk* elaborado

II. Anexo II

- Dados dos pesos de abril a maio para dos produtos A, B, D, F, H e I para a fase medir
- Cartas de controlo para os produtos B, D, F, H e I
- Aleatoriedade dos dados
- Testes de Normalidade
- Capacidades do processo na fase de medir

c. Dados Recolhidos

Tabela II.1 - Dados do produto A fase medir

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
12/04/2017	Dan Cake Morango	3	19:00	210	214	218
12/04/2017	Dan Cake Morango	3	20:00	214	214	210
12/04/2017	Dan Cake Morango	3	21:00	208	212	204
12/04/2017	Dan Cake Morango	3	21:40	213	213	211
12/04/2017	Dan Cake Morango	3	22:15	214	210	208
13/04/2017	Dan Cake morango	2	07:40	207	200	214
13/04/2017	Dan Cake morango	2		206	204	210
13/04/2017	Dan Cake morango	2	08:10	203	207	209
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	15:45	200	225	214
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	15:55	225	204	210
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	16:10	215	210	208
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	17:05	228	210	219
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	17:16	218	210	214
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	18:00	218	212	216
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	19:15	212	217	214
17/04/2017	Dan Cake avelã	3	21:00	215	208	207
24/04/2017	Dan Cake morango	1	00:20	207	203	207
24/04/2017	Dan Cake morango	1	00:35	208	215	209
24/04/2017	Dan Cake morango	1	00:45	216	213	215
24/04/2017	Dan Cake morango	1	01:05	211	208	207
24/04/2017	Dan Cake morango	1	02:10	211	204	210
24/04/2017	Dan Cake morango	1	03:20	211	210	206
24/04/2017	Dan Cake morango	1	04:30	214	210	209
24/04/2017	Dan Cake morango	1	05:40	211	208	210
24/04/2017	Dan Cake maçã canela	2	08:00	205	207	202
24/04/2017	Dan Cake maçã canela	2	09:00	214	210	204
24/04/2017	Dan Cake avelã	3	17:10	216	227	218
24/04/2017	Dan Cake avelã	3	19:25	207	220	208
31/05/2017	Dan Cake Morango	1	00:35	156	156	158
31/05/2017	Dan Cake Morango	1	00:50	210	214	211
31/05/2017	Dan Cake Morango	1	04:05	204	200	199
31/05/2017	Dan Cake Morango	1	04:15	210	209	207
31/05/2017	Dan Cake Morango	1	07:05	209	210	208
31/05/2017	Dan Cake Morango	2	08:00	214	208	198
31/05/2017	Dan Cake Morango	2	08:15	215	205	203
31/05/2017	Dan Cake Morango	2	12:30	219	207	207
31/05/2017	Dan Cake Morango	2	14:30	220	217	217

Tabela II.2 - Dados do produto A fase medir (continuação)

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
31/05/2017	Dan Cake Morango	3	16:05	230	232	240
31/05/2017	Dan Cake Morango	3		206	193	208
31/05/2017	Dan Cake Morango	3	16:36	210	216	218
31/05/2017	Dan Cake Morango	3	16:50	212	204	214

Tabela II.3 - Dados do produto B fase medir

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	01:05	194	194	194
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	01:10	206	205	206
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	01:30	210	211	210
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	02:55	220	224	228
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	03:00	219	220	220
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	03:05	216	218	216
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	04:39	218	219	218
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	1	06:20	219	220	218
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	09:10	195	202	204
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	09:20	193	202	195
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	09:40	199	198	206
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	10:00	201	206	210
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2		213	193	206
13/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2		205	195	208
17/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	10:55	217	220	225
17/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	11:15	210	213	210
17/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	12:15	212	209	210
17/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	13:15	213	210	212
17/04/2017	Dan Cake frutos silvestres	2	13:54	217	215	217

Tabela II.4 - Dados do produto D fase medir

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
11/04/2017	Marca própria 1 Morango	3	17:10	214	206	210
11/04/2017	Marca própria 1 Morango	3	17:45	208	206	210
11/04/2017	Marca própria 1 Morango	3	18:46	195	202	203
12/04/2017	Marca própria 1 Morango	2	11:35	198	210	202
12/04/2017	Marca própria 1 Morango	2	11:45	198	190	200
12/04/2017	Marca própria 1 Morango	2	12:10	202	200	217
12/04/2017	Marca própria 1 Morango	2	12:20	212	200	207
12/04/2017	Marca própria 1 Morango	2	12:35	204	204	209
28/04/2017	Marca própria 1 Morango	2	13:50	209	206	207
28/04/2017	Marca própria 1 Morango	3	16:11	210	199	213

Tabela II.5 - Dados do produto D fase medir (continuação)

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
28/04/2017	Marca própria 1 Morango	3	17:16	220	222	219
28/04/2017	Marca própria 1 Morango	3	17:25	213	209	210
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	07:30	192	235	235
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2		199	224	230
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	07:45	210	240	247
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	07:50	209	216	228
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2		205	198	216
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:40	219	222	217
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:00	204	199	205
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:20	209	210	200
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:30	192	204	200
10/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:50	210	211	208
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	07:16	212	240	215
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	07:45	200	205	198
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:00	207	206	208
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:20	198	207	200
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	10:15	195	203	197
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	10:35	210	206	204
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	12:50	192	205	204
11/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	13:50	190	205	193
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	07:45	194	194	195
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:00	206	190	196
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:10	220	200	210
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:25	224	209	207
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:50	215	209	212
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:10	213	212	213
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:40	218	201	207
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	13:10	194	207	195
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	13:40	204	206	204
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	14:20	210	202	208
16/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	14:55	213	197	204
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:00	203	220	215
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:10	206	215	213
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	08:50	207	188	207
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:10	205	199	206
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	09:40	200	210	211
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	10:30	208	206	206
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	11:30	210	208	206
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	13:40	211	201	211
17/05/2017	Marca própria 1 Morango	2	14:30	205	198	211
31/05/2017	Marca própria 1 Morango	3	19:20	204	206	210

Tabela II.6 - Dados do produto D fase medir (continuação II)

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
31/05/2017	Marca própria 1 Morango	3	19:30	207	210	212
31/05/2017	Marca própria 1 Morango	3	20:30	212	205	208
31/05/2017	Marca própria 1 Morango	3	22:00	214	210	206

Tabela II.7 - Dados do produto F fase medir

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
11/04/2017	Marca própria 2 Morango	2	12:20	196	184	197
11/04/2017	Marca própria 2 Morango	2	12:30	212	198	209
11/04/2017	Marca própria 2 Morango	2	12:40	203	207	203
28/04/2017	Marca própria 2 Morango	2	13:15	207	207	210
28/04/2017	Marca própria 2 Morango	2	13:35	213	192	213
28/04/2017	Marca própria 2 Morango	2	13:56	210	203	206
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	09:30	203	200	197
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	10:15	190	201	195
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	10:35	208	204	202
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	11:10	188	206	202
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	13:51	188	202	190
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	14:20	218	232	211
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	14:40	204	198	201
11/05/2017	Marca própria 2 Morango	2	15:15	185	192	188

Tabela II.8 - Dados do produto H fase medir

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2	11:20	180	199	195
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2	11:30	188	202	197
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2		190	193	188
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2	12:00	195	197	196
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2	12:30	193	194	195
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2	14:00	190	190	191
13/04/2017	Dan Cake Cacau	2	14:30	196	191	194
13/04/2017	Dan Cake Cacau	3	15:40	195	192	195
13/04/2017	Dan Cake Cacau	3	17:15	192	190	194
13/04/2017	Dan Cake Cacau	3	18:00	195	190	189
13/04/2017	Dan Cake Cacau	3	18:25	196	194	192
27/04/2017	Dan Cake Cacau	2	11:50	189	213	194
27/04/2017	Dan Cake Cacau	2	12:00	195	209	192
27/04/2017	Dan Cake Cacau	2		201	206	193
27/04/2017	Dan Cake Cacau	2	13:00	191	185	186

Tabela II.9 - Dados do produto H fase medir (continuação)

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
27/04/2017	Dan Cake Cacau	2	13:15	198	201	197
27/04/2017	Dan Cake Cacau	2	13:30	187	197	194
27/04/2017	Dan Cake Cacau	3	15:50	190	210	193
27/04/2017	Dan Cake Cacau	3	16:15	198	195	200
27/04/2017	Dan Cake Cacau	3	17:15	200	200	204
27/04/2017	Dan Cake Cacau	3	17:26	190	196	194
27/04/2017	Dan Cake Cacau	3	19:30	188	207	199
27/04/2017	Dan Cake Cacau	3	21:30	197	200	198
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	07:26	199	241	204
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	07:45	208	220	211
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	08:00	205	206	206
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	08:10	198	206	196
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	08:50	191	219	195
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	09:25	205	190	200
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	09:45	205	208	205
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	11:20	193	209	206
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	12:20	206	205	196
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	13:40	203	204	199
22/05/2017	Dan Cake Cacau	2	13:55	199	199	197

Tabela II.10 - Dados do produto I fase medir

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
17/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	01:45	194	204	194
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	23:40	173	208	187
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	23:50	204	190	214
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	02:35	202	196	202
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	03:40	204	194	201
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	05:35	201	208	202
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	1	06:40	201	191	198
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	2	07:50	197	208	188
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	2	08:30	200	192	204
28/04/2017	Marca própria 1 cacau	2	11:00	191	189	202
11/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	20:10	196	174	190
11/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	20:40	205	184	206
11/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	21:00	200	201	204
11/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	22:00	198	202	206
17/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	18:05	202	200	195
17/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	20:50	201	200	201
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	08:00	198	201	198

Tabela II.11 - Dados do produto I fase medir (continuação)

Dia	Produto	Turno	Hora	Esquerda	Centro	Direita
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	08:30	204	199	198
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	09:30	203	195	198
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	10:00	212	197	200
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	10:40	200	199	198
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	13:45	197	212	202
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	2	14:45	201	207	203
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	15:55	201	203	207
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	16:20	202	208	203
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	16:30	195	205	207
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	17:50	200	202	206
18/05/2017	Marca própria 1 cacau	3	20:30	203	204	208

d. Cartas de controlo X e MR - Fase 1

i. Produto B

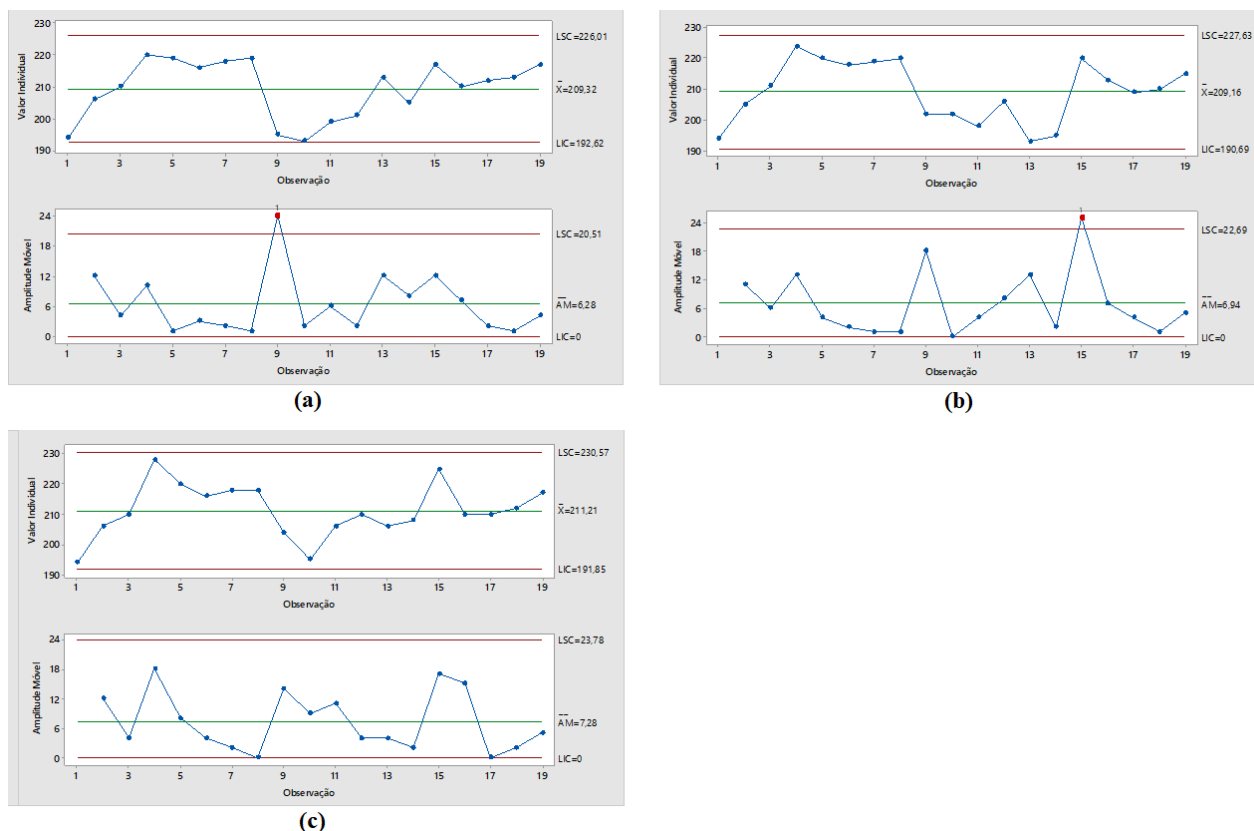


Figura II.1 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE (a), BC (b) e BD (c)

Tabela II.12 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE, BC e BD e pontos fora desses limites

Característica da Qualidade		BE	BC	BD
Carta das observações individuais	LSC	226,01	227,63	230,57
	LC	209,32	209,16	211,21
	LIC	192,62	190,69	191,85
	Pontos fora do intervalo	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Carta da amplitude móvel	LSC	20,51	22,69	23,78
	LC	6,28	6,94	7,28
	LIC	0	0	0
	Pontos fora do intervalo	9	15	Nenhum

1. Eliminação dos pontos fora de controlo

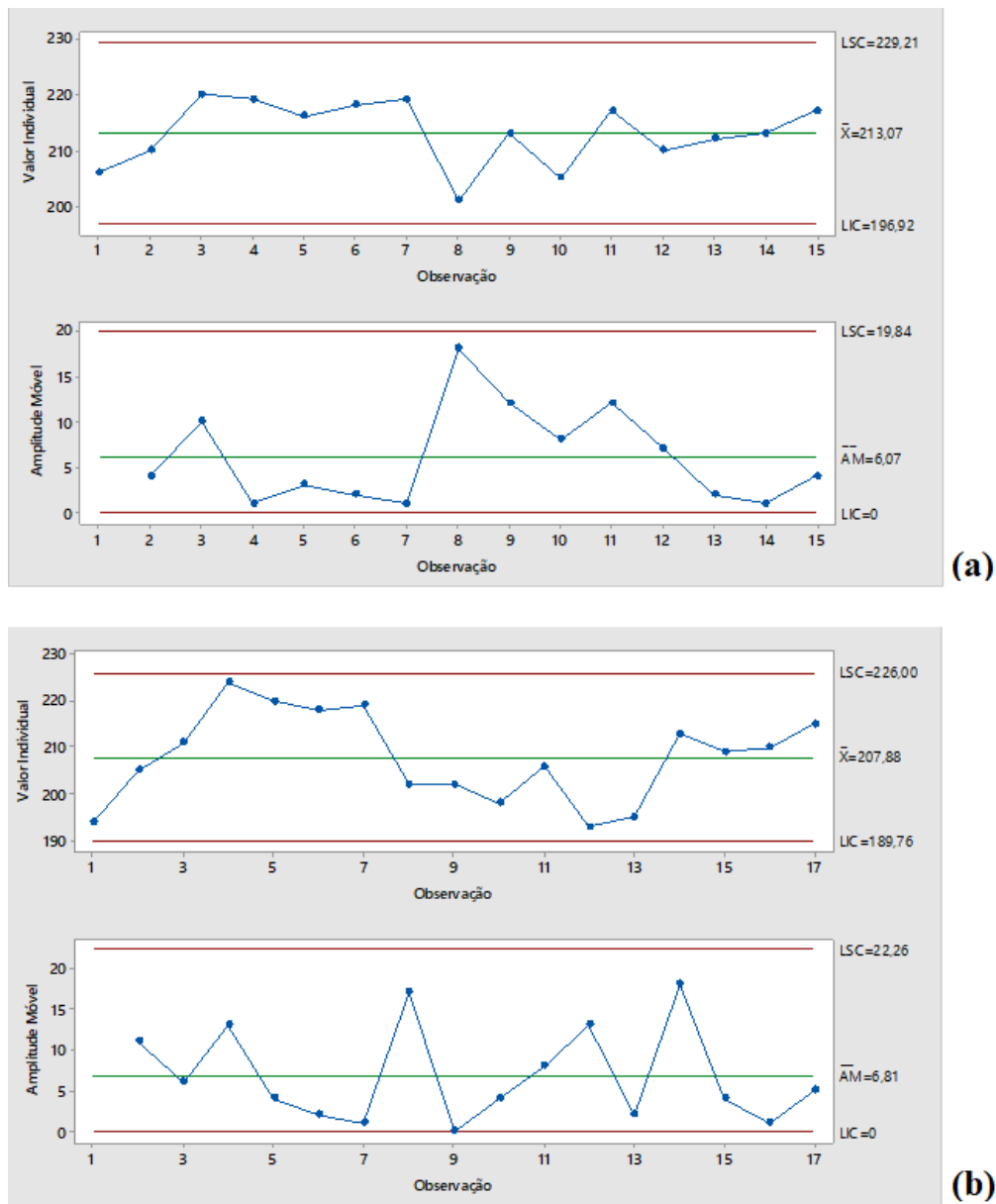


Figura II.2 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE (a) e BC (b) com a eliminação dos pontos fora de controlo

Tabela II.13 – Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características BE, BC e BD

Característica da Qualidade		BE	BC	BD
Carta das observações individuais	LSC	229,21	226,00	230,57
	LC	213,07	207,88	211,21
	LIC	196,92	189,76	191,85
Carta da amplitude móvel	LSC	19,84	22,26	23,78
	LC	6,07	6,81	7,28
	LIC	0	0	0

ii. Produto D

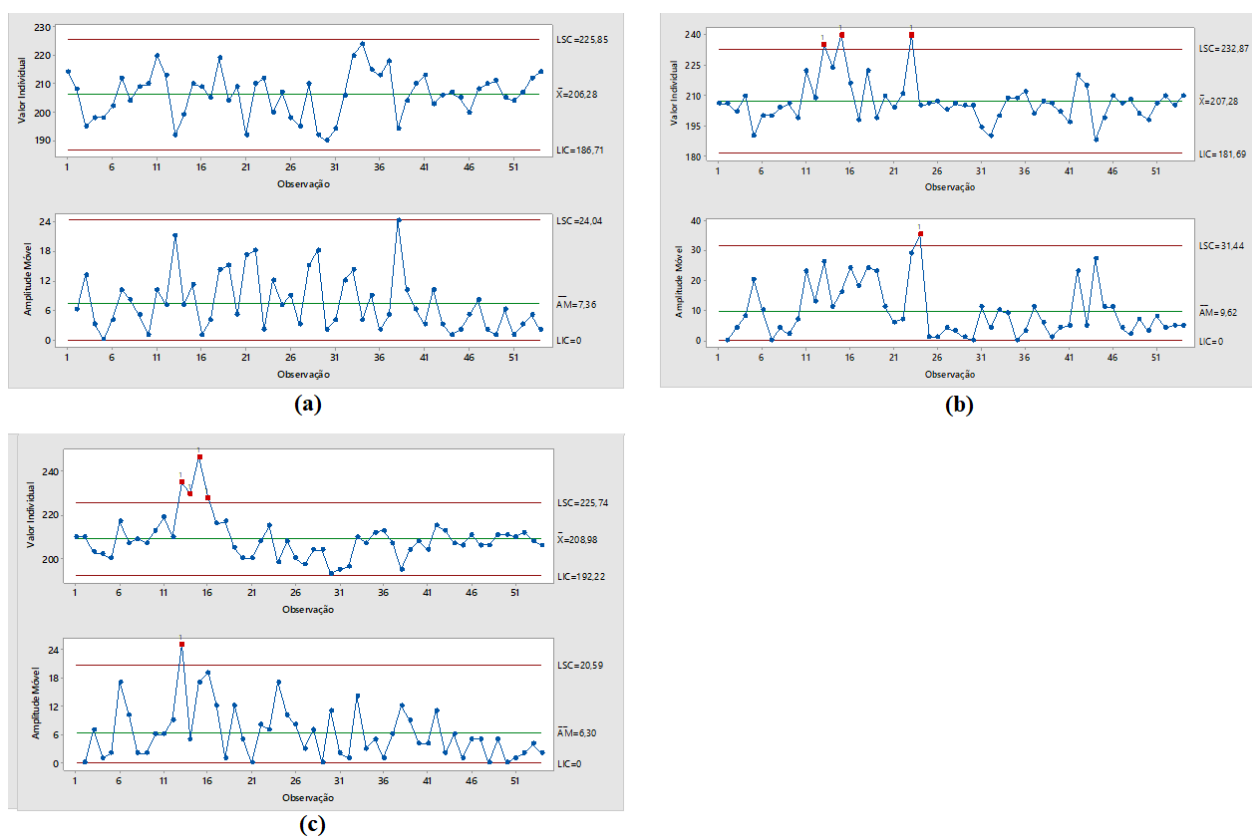


Figura IL.3 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características DE (a), DC (b) e DD (c)

Tabela II.14 - Limites de controle para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características DE, DC e DD e pontos fora desses limites

Característica da Qualidade		DE	DC	DD
Carta das observações individuais	LSC	225,85	232,87	225,74
	LC	206,28	207,28	208,98
	LIC	186,71	181,69	192,22
	Pontos fora do intervalo	Nenhum	13, 15, 23	13, 14, 15, 16
Carta da amplitude móvel	LSC	24,04	31,44	20,59
	LC	7,36	9,62	6,30
	LIC	0	0	0
	Pontos fora do intervalo	Nenhum	24	13

1. Eliminação dos pontos fora de controle

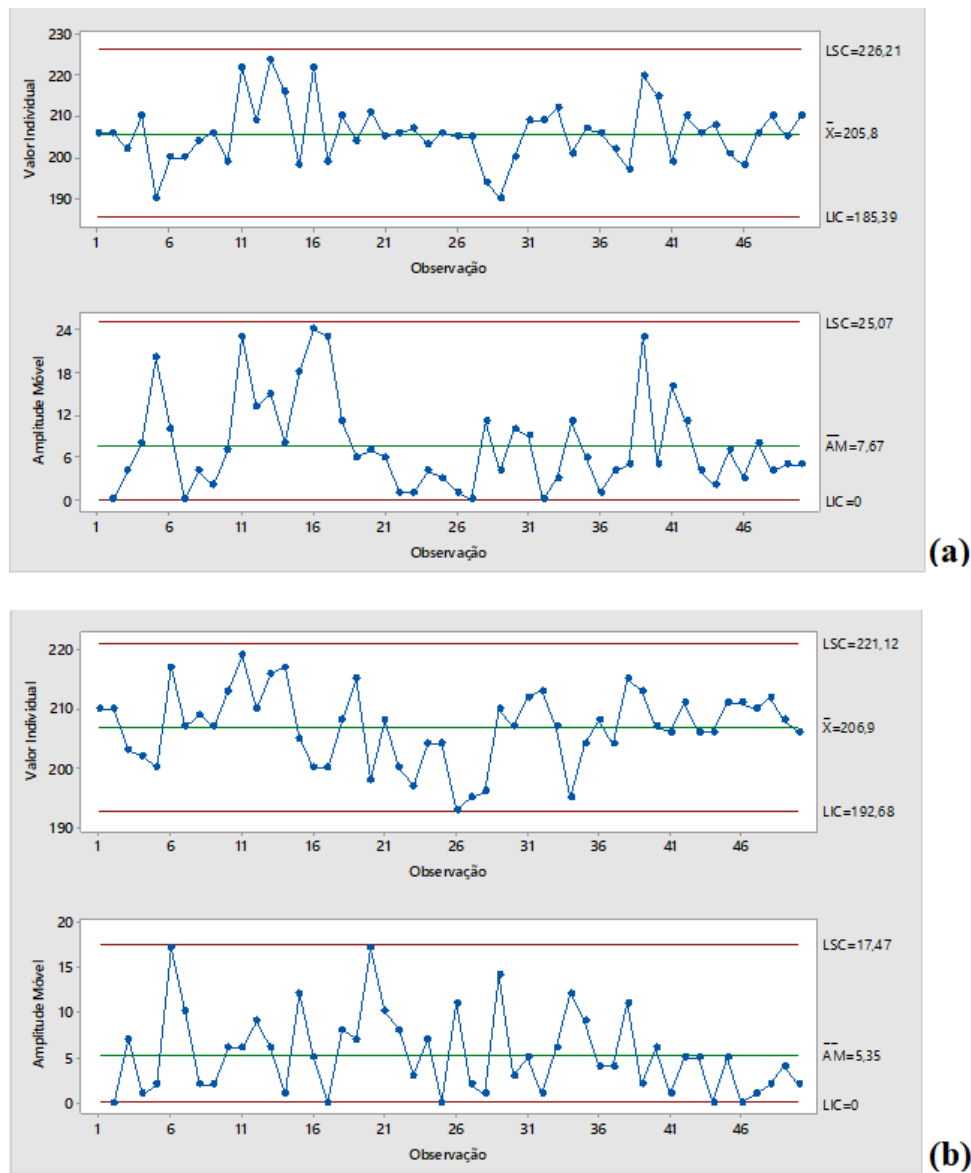


Figura II.4 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel da característica DC (a) e DD (b) com a eliminação dos pontos fora de controle

Tabela II.15 - Novos limites de controle para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características DE, DC e DD

Produto D		Característica da Qualidade		
		Peso		
		Esquerda	Centro	Direita
Carta das observações individuais	LSC	225,85	226,21	221,12
	LC	206,28	205,8	206,9
	LIC	186,71	185,39	192,68
Carta da amplitude móvel	LSC	24,04	25,07	17,47
	LC	7,36	7,67	5,35
	LIC	0	0	0

iii. Produto F

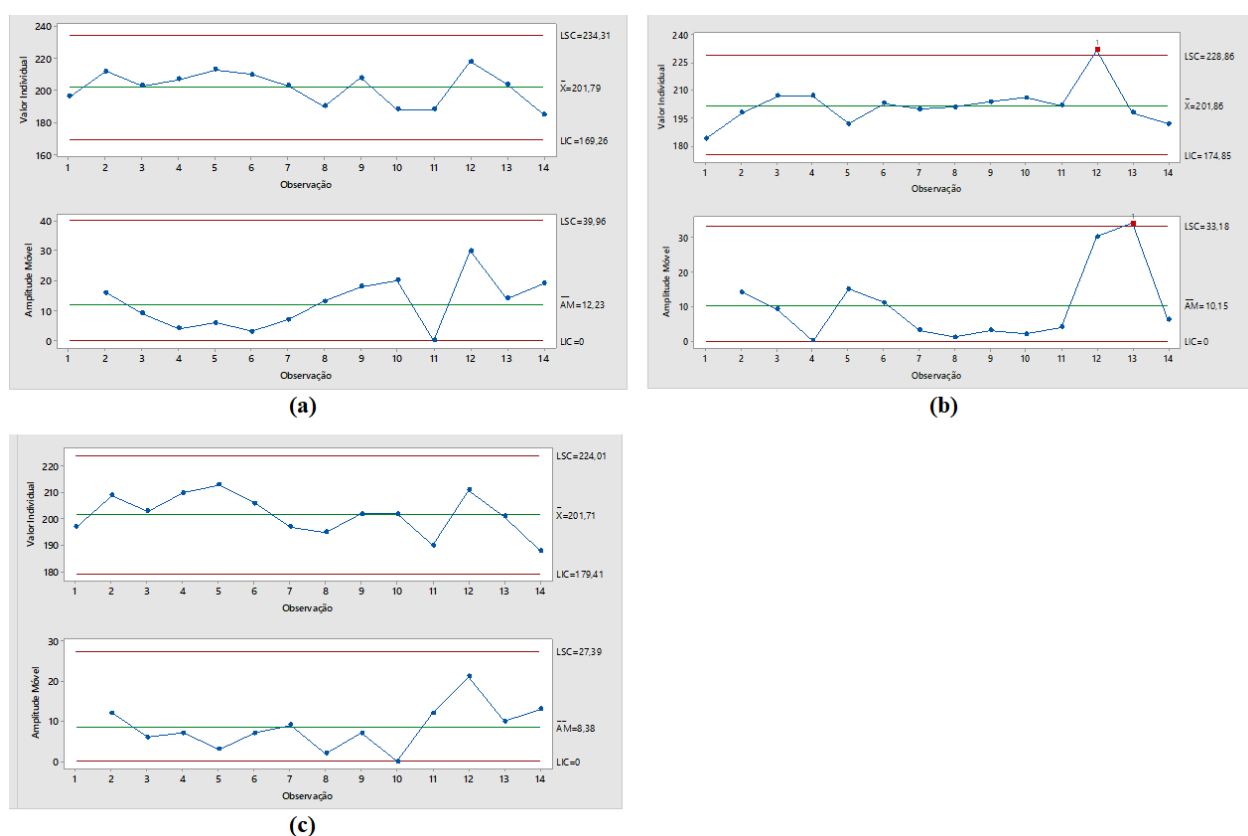


Figura II.5 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características FE (a), FC (b) e FD (c)

Tabela II.16 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características FE, FC e FD e pontos fora desses limites

Característica da Qualidade		FE	FC	FD
Carta das observações individuais	LSC	234,31	228,86	224,01
	LC	201,79	201,86	201,71
	LIC	169,26	174,85	179,41
	Pontos fora do intervalo	Nenhum	12	Nenhum
Carta da amplitude móvel	LSC	39,96	33,18	27,39
	LC	12,23	10,15	8,38
	LIC	0	0	0
	Pontos fora do intervalo	Nenhum	13	Nenhum

1. Eliminação dos pontos fora de controlo

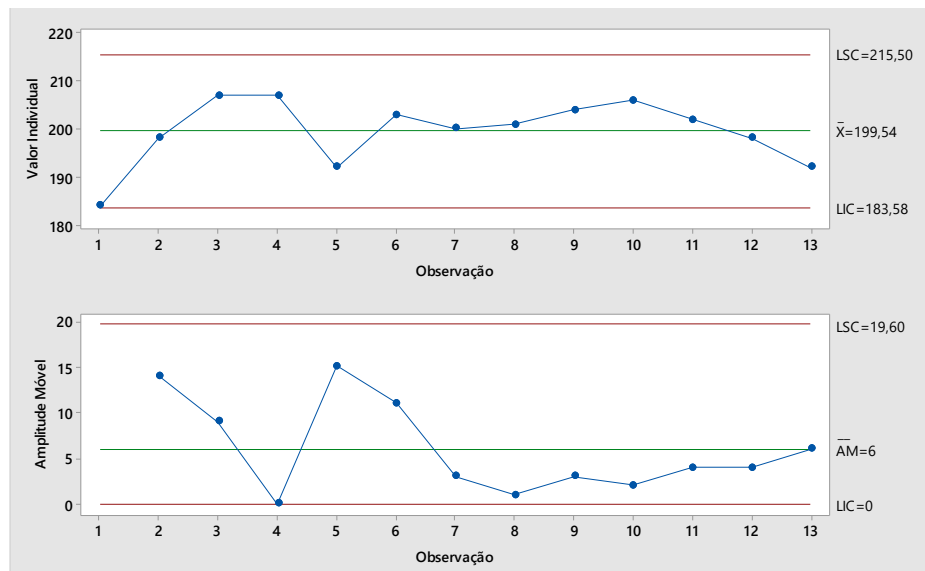


Figura II.6 - Carta de observações individuais e amplitude móvel da característica FC com a eliminação dos pontos fora de controlo

Tabela II.17 - Novos limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características FE, FC e FD

Característica da Qualidade		FE	FC	FD
Carta das observações individuais	LSC	234,31	215,50	224,01
	LC	201,79	199,54	201,71
	LIC	169,26	183,58	179,41
Carta da amplitude móvel	LSC	39,96	19,60	27,39
	LC	12,23	6	8,38
	LIC	0	0	0

iv. Produto H

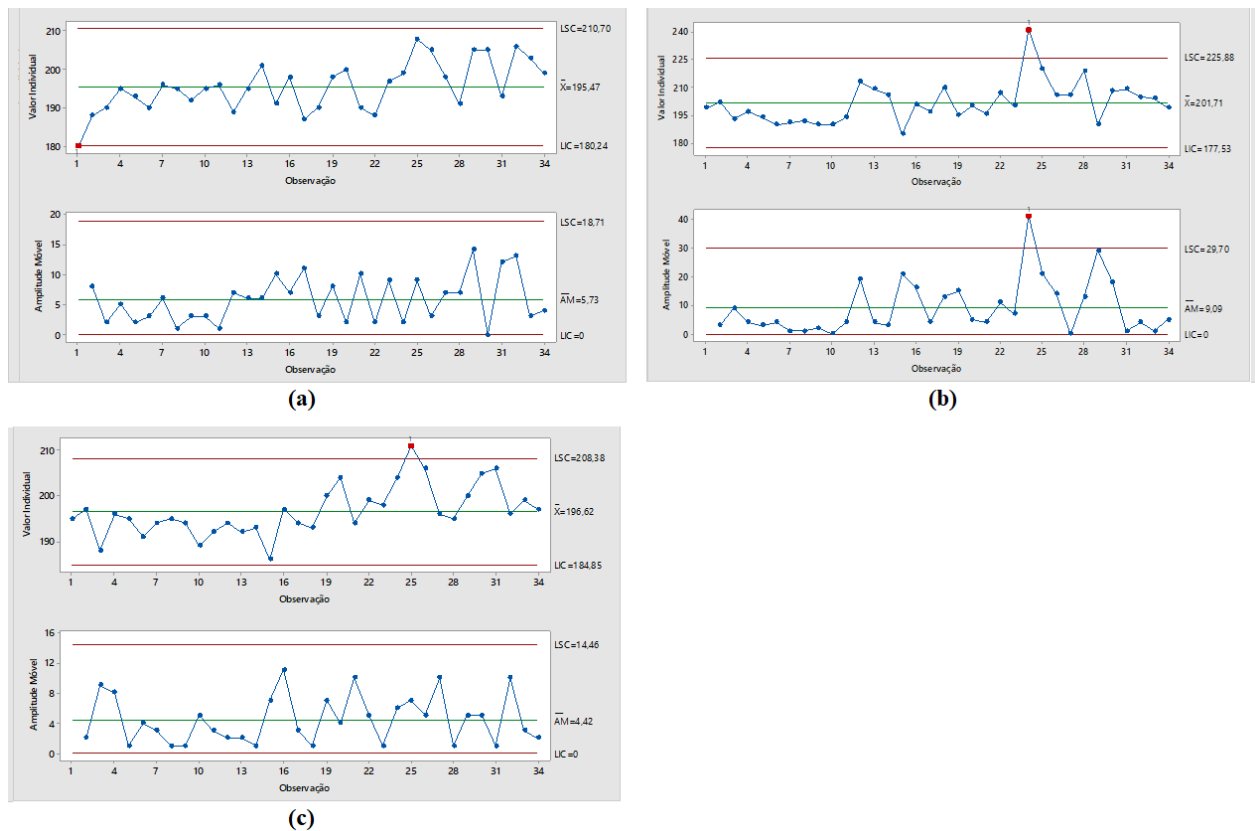


Figura II.7 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE (a), HC (b) e HD (c)

Tabela II.18 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD e pontos fora desses limites

Características da Qualidade		HE	HC	HD
Carta das observações individuais	LSC	210,70	225,88	208,38
	LC	195,47	201,71	196,62
	LIC	280,24	177,53	184,85
	Pontos fora do intervalo	1	24	25
Carta da amplitude móvel	LSC	18,71	29,70	14,46
	LC	5,73	9,09	4,42
	LIC	0	0	0
	Pontos fora do intervalo	Nenhum	24	Nenhum

1. Eliminação dos pontos fora de controle

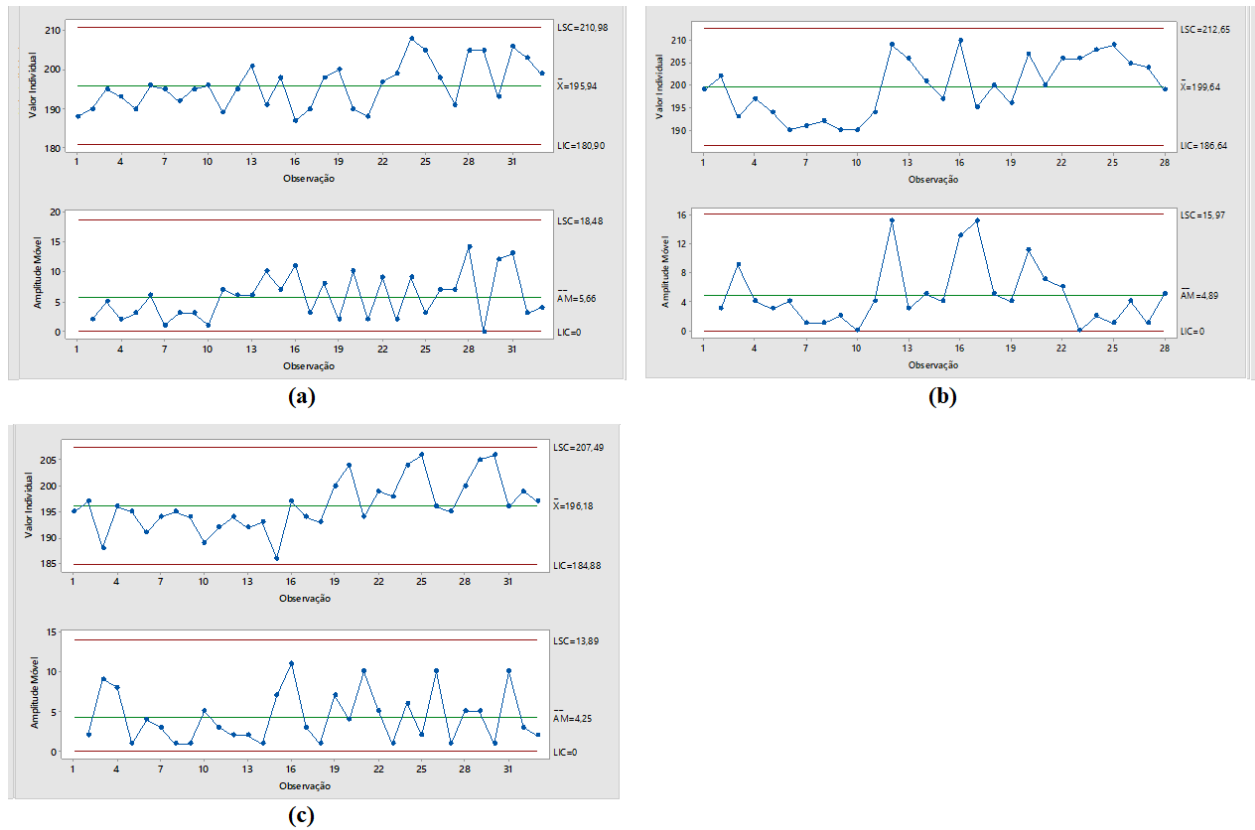


Figura II.8 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE (a), HC (b) e HD (c) com a eliminação dos pontos fora de controle

Tabela II.19 - Novos limites de controle para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD

Característica da Qualidade		HE	HC	HD
Carta das observações individuais	LSC	210,98	212,65	207,49
	LC	195,94	199,64	196,18
	LIC	180,90	186,64	184,88
Carta da amplitude móvel	LSC	18,48	15,97	13,89
	LC	5,66	4,89	4,25
	LIC	0	0	0

v. Produto I

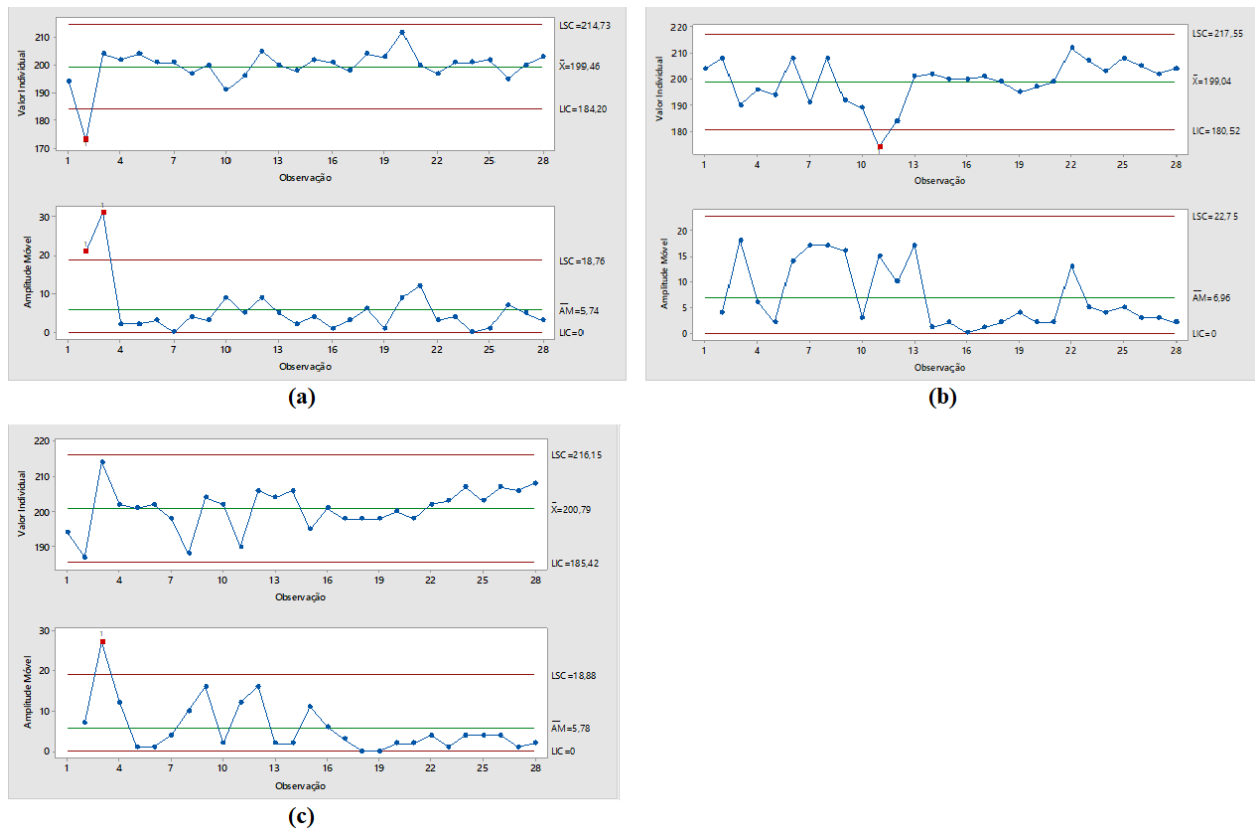


Figura II.9 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características IE (a), IC (b) e ID (c)

Tabela II.20 - Limites de controlo para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características IE, IC e ID e pontos fora desses limites

Característica da Qualidade		IE	IC	ID
Carta das observações individuais	LSC	214,73	217,55	216,15
	LC	199,46	199,04	200,79
	LIC	184,20	180,52	185,42
	Pontos fora do intervalo	2	11	Nenhum
Carta da amplitude móvel	LSC	18,76	22,75	18,88
	LC	5,74	6,96	5,78
	LIC	0	0	0
	Pontos fora do intervalo	2, 3	Nenhum	3

1. Eliminação dos pontos fora de controle

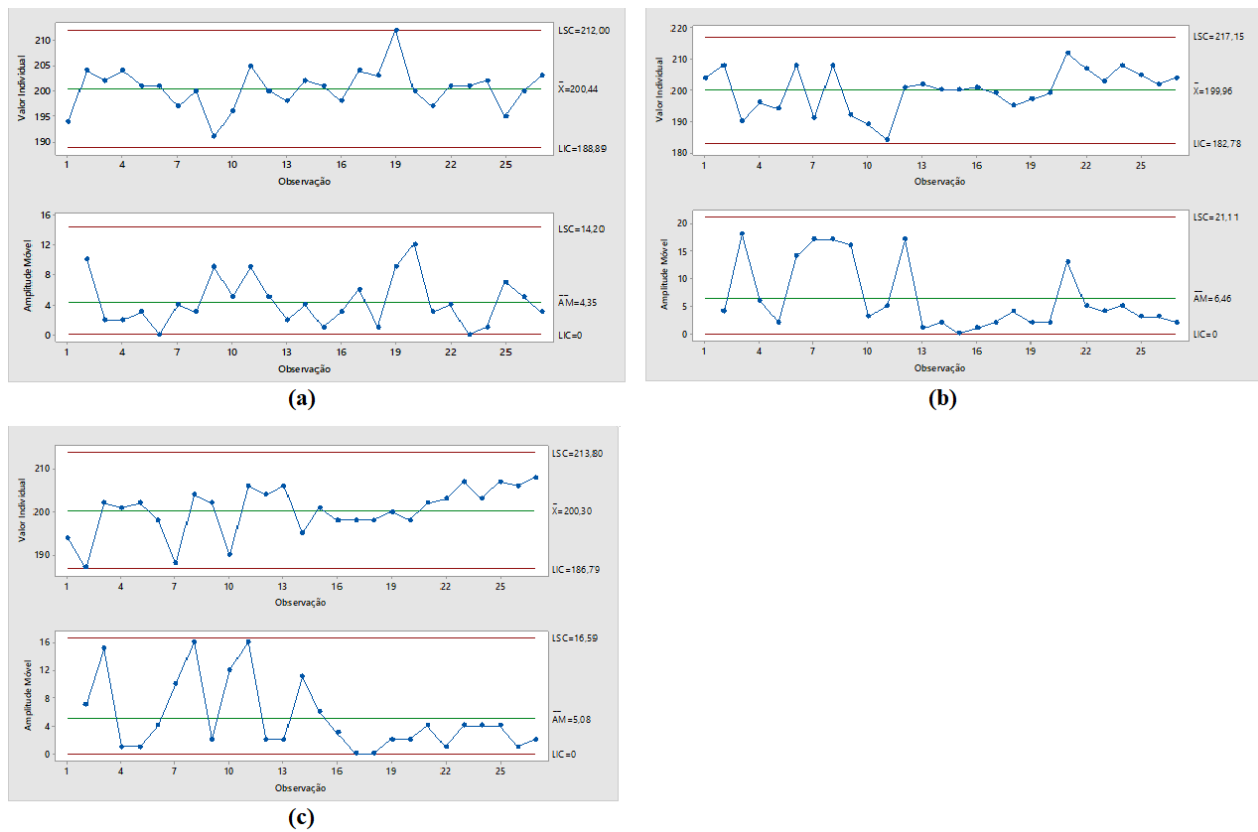


Figura II.10 - Cartas de observações individuais e amplitude móvel das características IE (a), IC (b) e ID (c) com a eliminação dos pontos fora de controle

Tabela II.21 - Novos limites de controle para as cartas de observações individuais e amplitude móvel das características HE, HC e HD

Característica da Qualidade		IE	IC	ID
Carta das observações individuais	LSC	212,00	217,15	213,80
	LC	200,44	199,96	200,30
	LIC	188,89	182,78	186,79
Carta da amplitude móvel	LSC	14,20	21,11	16,59
	LC	4,35	6,46	5,08
	LIC	0	0	0

e. Aleatoriedade dos dados

i. Produto B

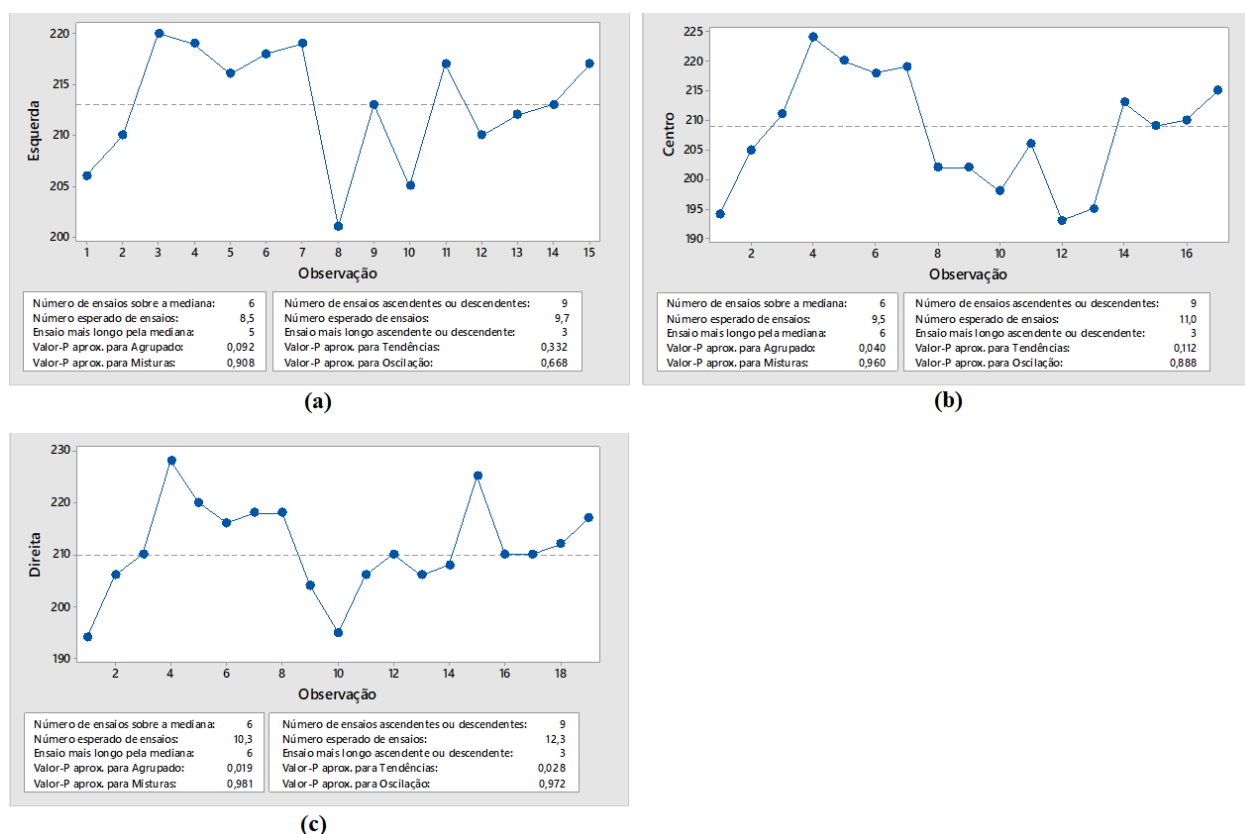


Figura II.11 - Gráficos de teste de padrões para as características BE (a), BC (b) e BD (c)

Tabela II.22 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto B

Valor P	Agrupado	Misturas	Tendências	Oscilação	Aleatoriedade
BE	0,092	0,908	0,332	0,668	Sim
BC	0,040	0,960	0,112	0,888	Não
BD	0,019	0,981	0,028	0,972	Não

ii. Produto D

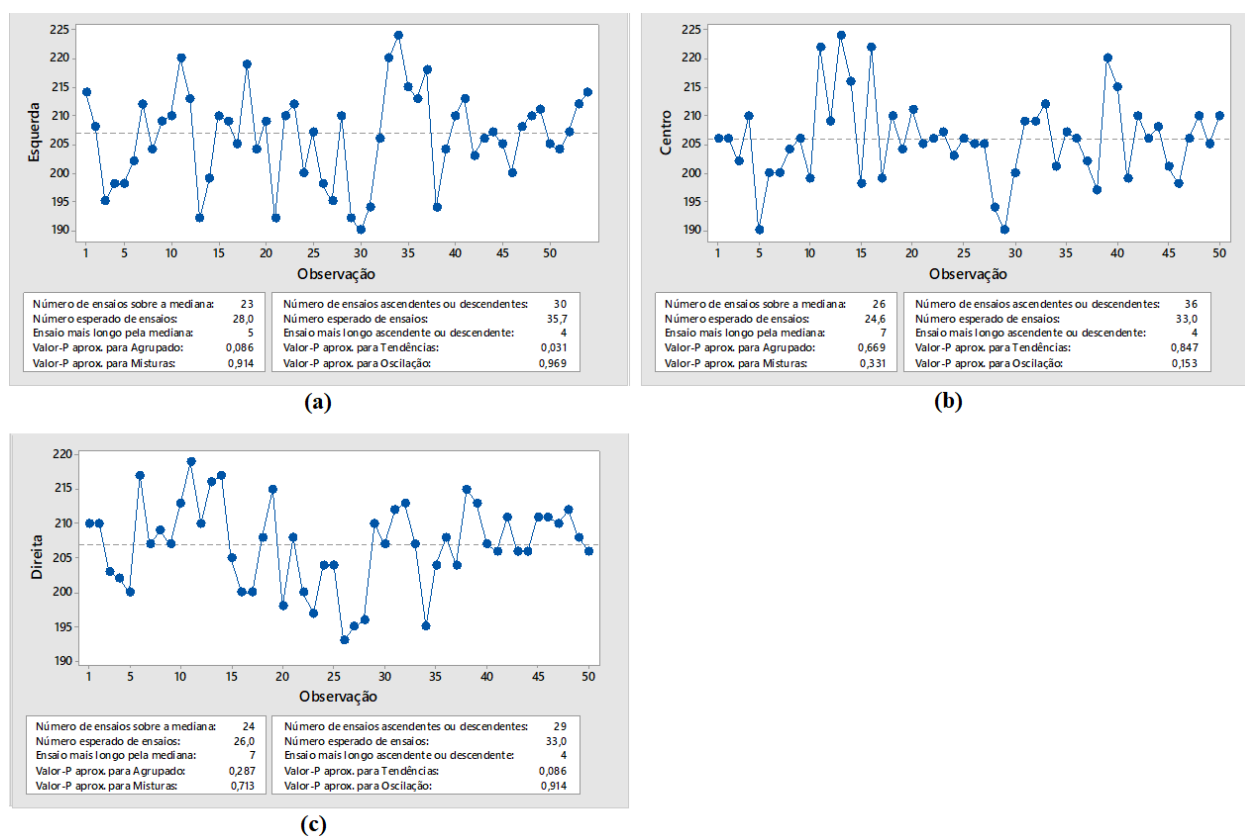


Figura II.12 – Testes de padrões para as características DE (a), DC (b) e DD (c)

Tabela II.23 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto D

Valor P	Agrupado	Misturas	Tendências	Oscilação	Aleatoriedade
DE	0,086	0,914	0,031	0,969	Não
DC	0,669	0,331	0,847	0,153	Sim
DD	0,287	0,713	0,086	0,914	Sim

iii. Produto F

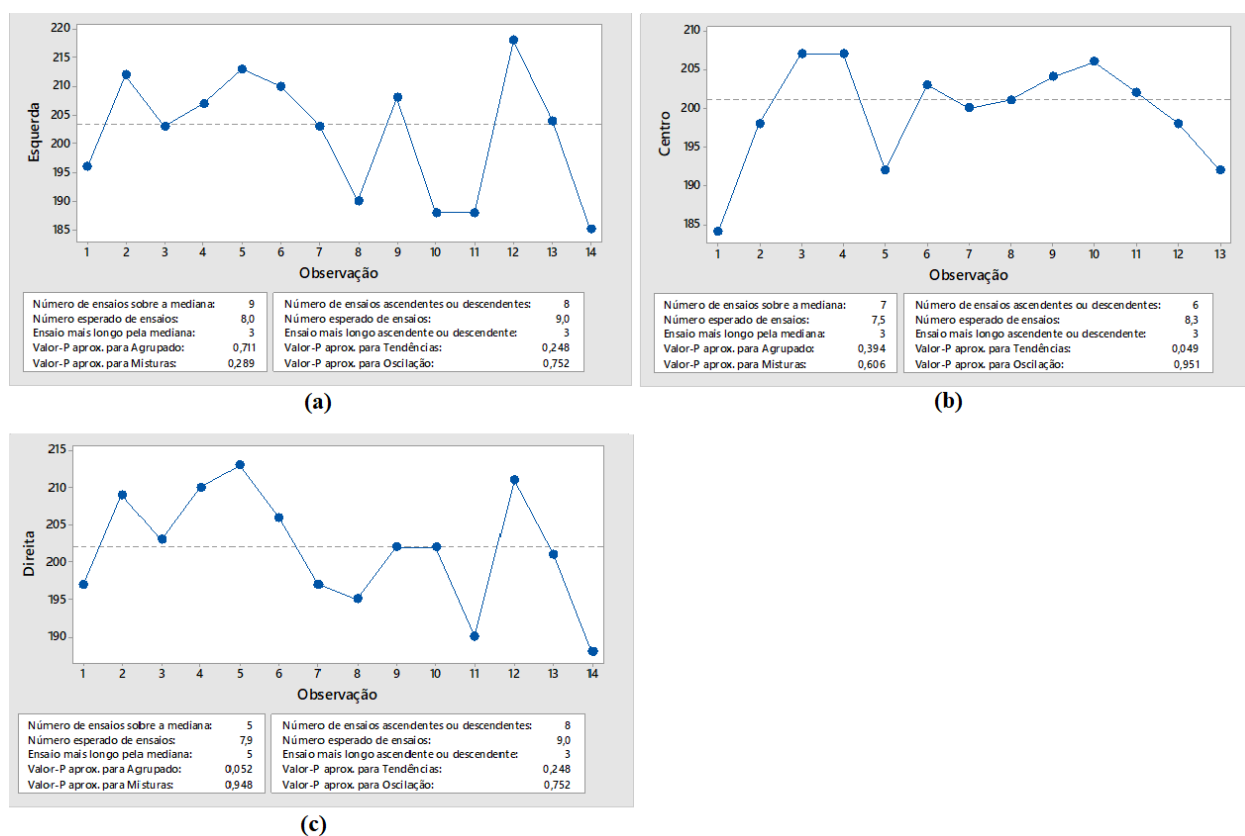
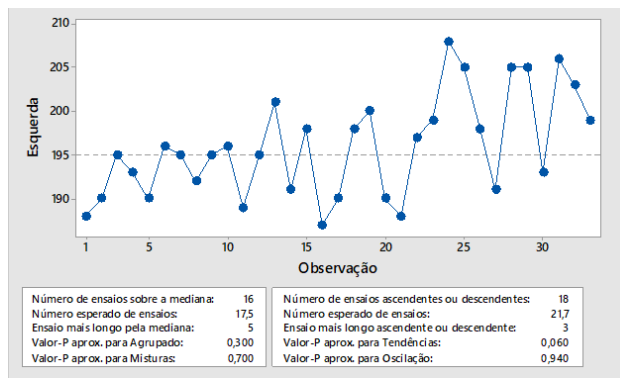


Figura II.13 – Testes de padrões para as características FE (a), FC (b) e FC (c)

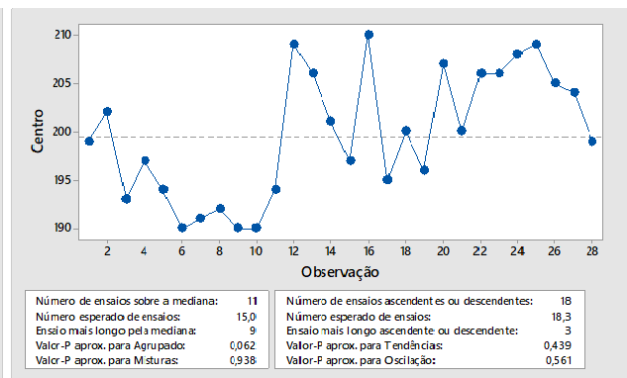
Tabela II.24 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto F

Valor P	Agrupado	Misturas	Tendências	Oscilação	Aleatoriedade
FE	0,711	0,289	0,248	0,752	Sim
FC	0,394	0,606	0,049	0,951	Não
FD	0,052	0,948	0,248	0,752	Sim

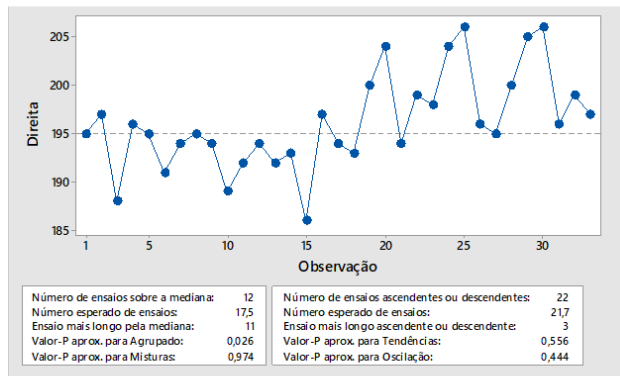
iv. Produto H



(a)



(b)



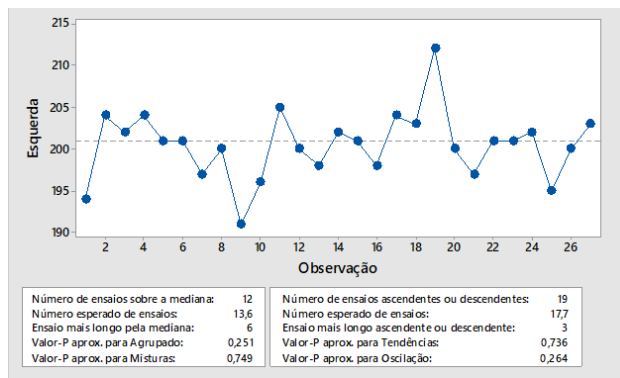
(c)

Figura II.14 – Testes de padrões para as características HE (a), HC (b) e HD (c)

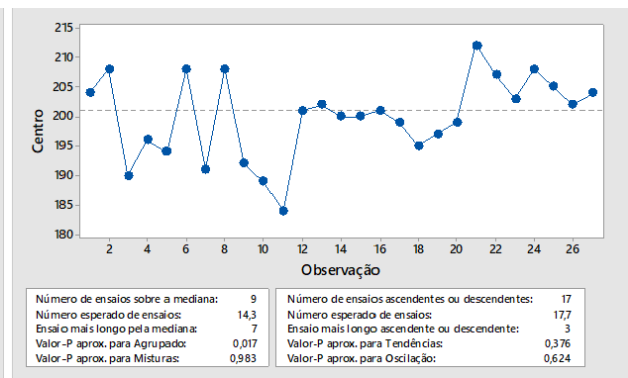
Tabela II.25 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto H

Valor P	Agrupado	Misturas	Tendências	Oscilação	Aleatoriedade
HE	0,300	0,700	0,060	0,940	Sim
HC	0,062	0,938	0,439	0,561	Sim
HD	0,026	0,974	0,556	0,444	Não

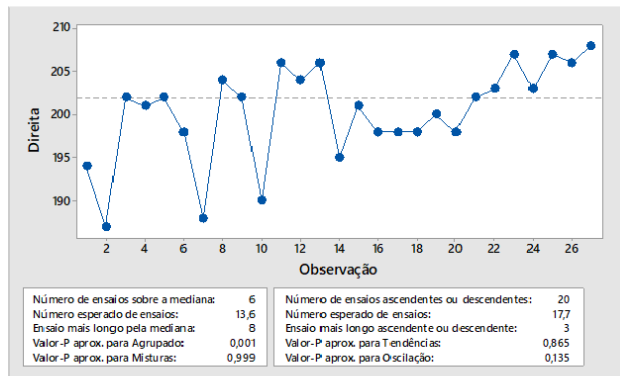
v. Produto I



(a)



(b)



(c)

Figura II.15 – Testes de padrões para as características IE (a), IC (b) e ID (c)

Tabela II.26 - Valores de probabilidade para o teste de aleatoriedade do produto I

Valor P	Agrupado	Misturas	Tendências	Oscilação	Aleatoriedade
IE	0,251	0,749	0,736	0,264	Sim
IC	0,017	0,983	0,376	0,624	Não
ID	0,001	0,999	0,865	0,135	Não

f. Teste de Normalidade

i. Produto B

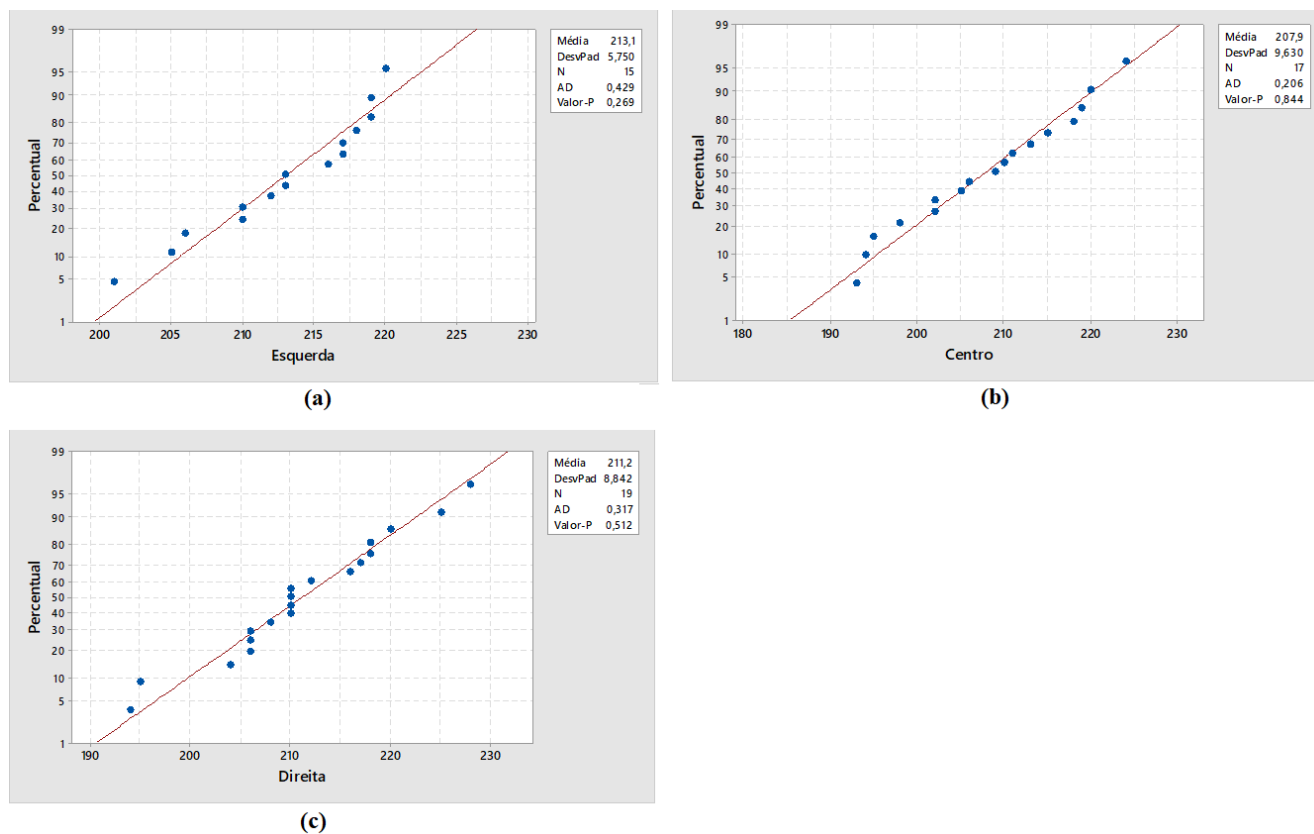


Figura II.16 - Teste de Normalidade para as características BE (a), BC (b) e BD (c)

Tabela II.27 – Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto B

Produto B	BE	BC	BD
N	15	17	19
AD	0,429	0,206	0,317
Valor de P	0,269	0,844	0,512

ii. Produto D

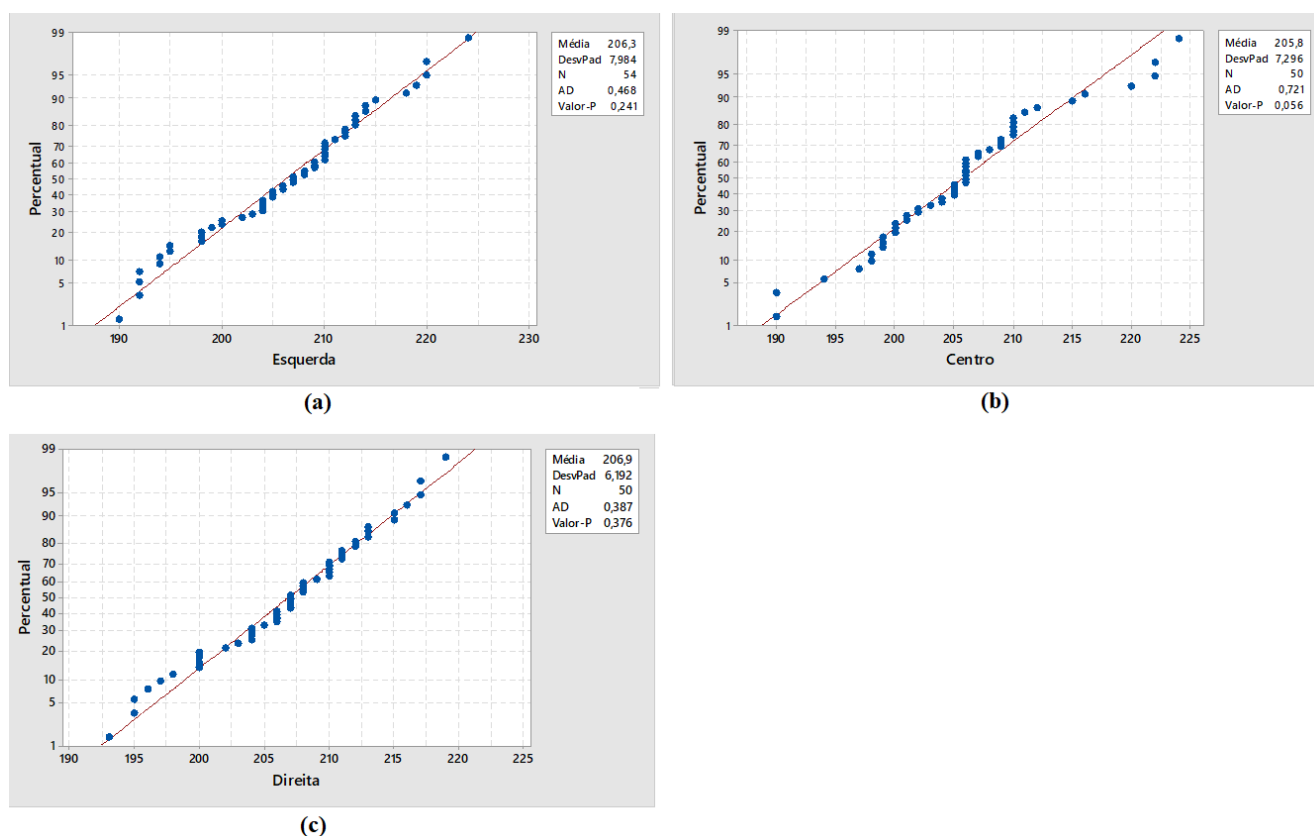


Figura II.17 - Teste de Normalidade para a características DE (a), DC (b) e DD (c)

Tabela II.28 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto D

Produto D	DE	DC	DD
N	54	50	50
AD	0,468	0,721	0,387
Valor de P	0,241	0,056	0,376

iii. Produto F

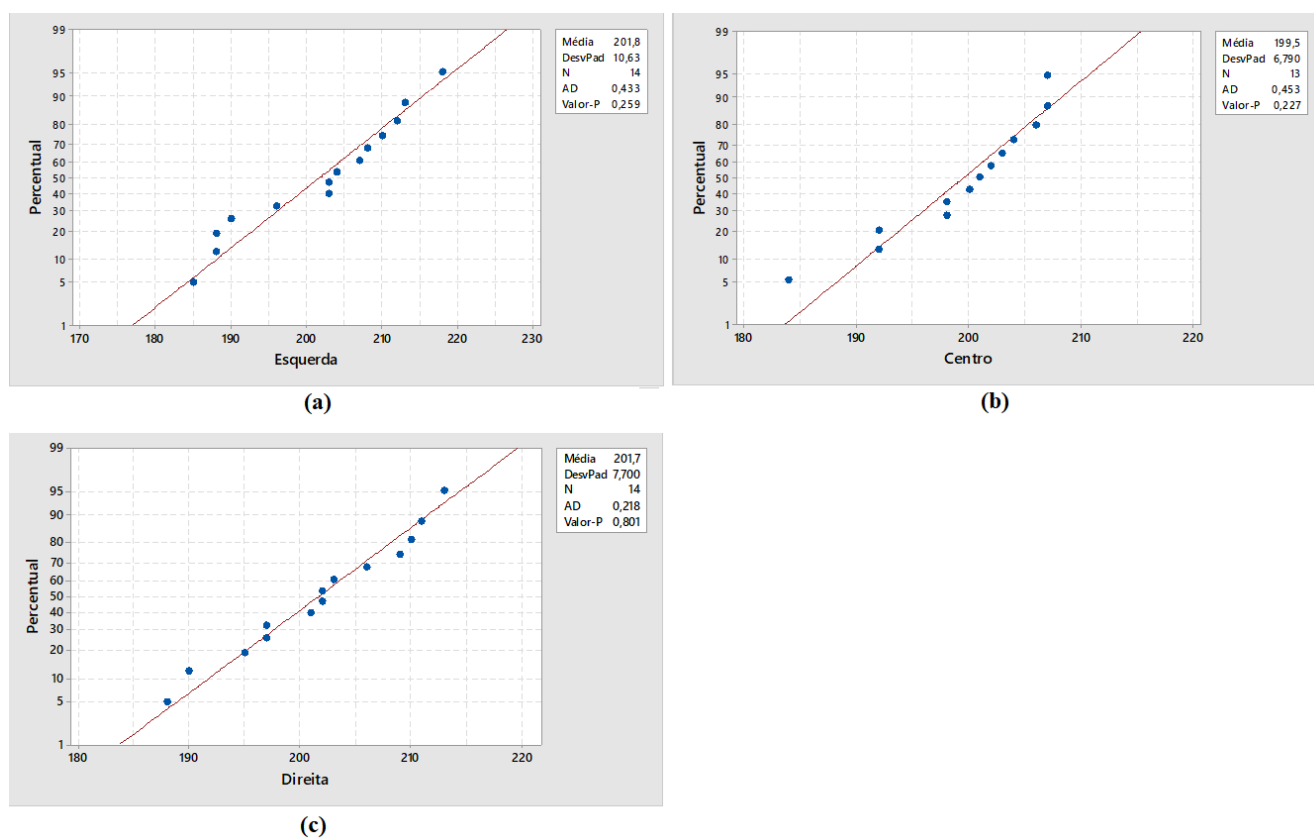


Figura II.18 - Teste de Normalidade para as características FE (a), FC (b) e FD (c)

Tabela II.29 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto F

Produto F	FE	FC	FD
N	14	13	14
AD	0,433	0,453	0,218
Valor de P	0,259	0,227	0,801

iv. Produto H

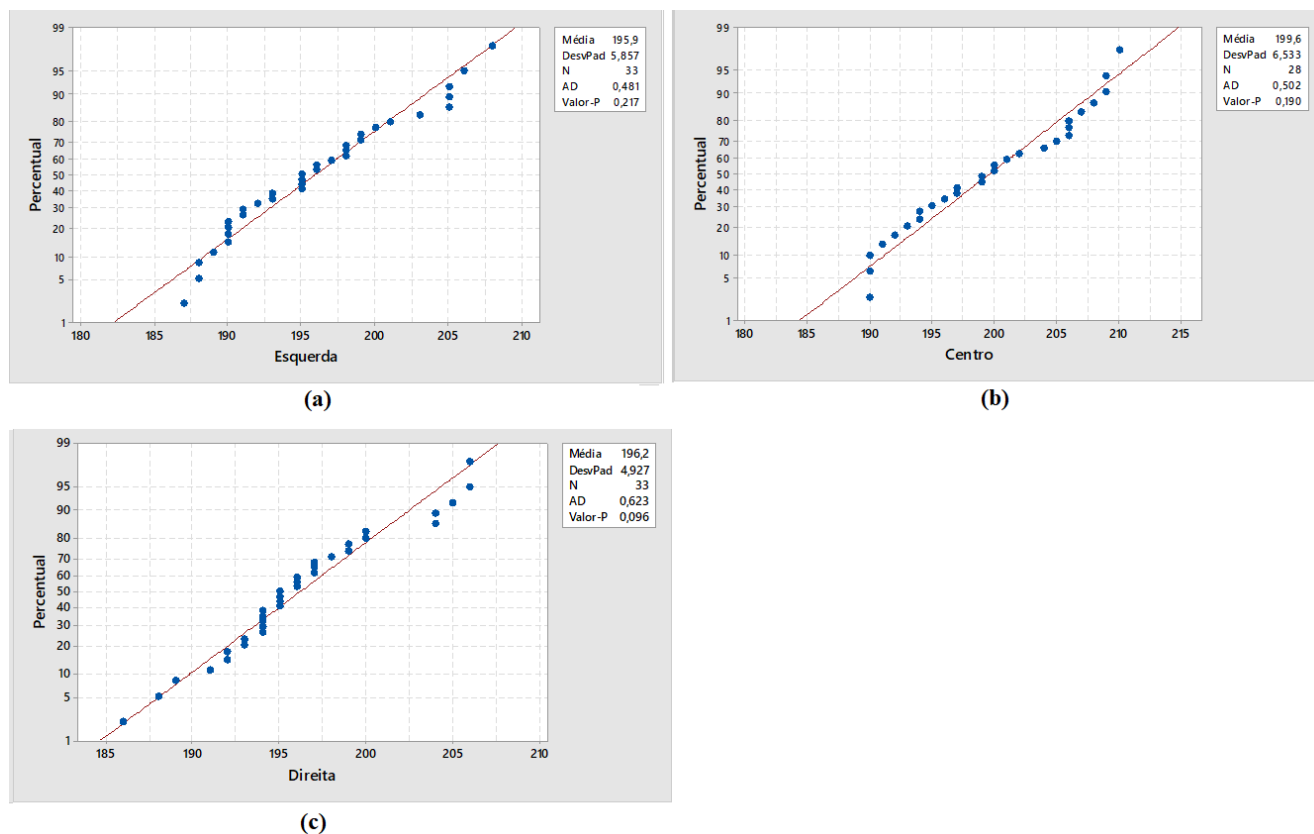


Figura II.19 - Teste de Normalidade para as características HE (a), HC (b) e HD (c)

Tabela II.30 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto H

Produto H	HE	HC	HD
N	33	28	33
AD	0,481	0,502	0,623
Valor de P	0,217	0,190	0,096

v. Produto I

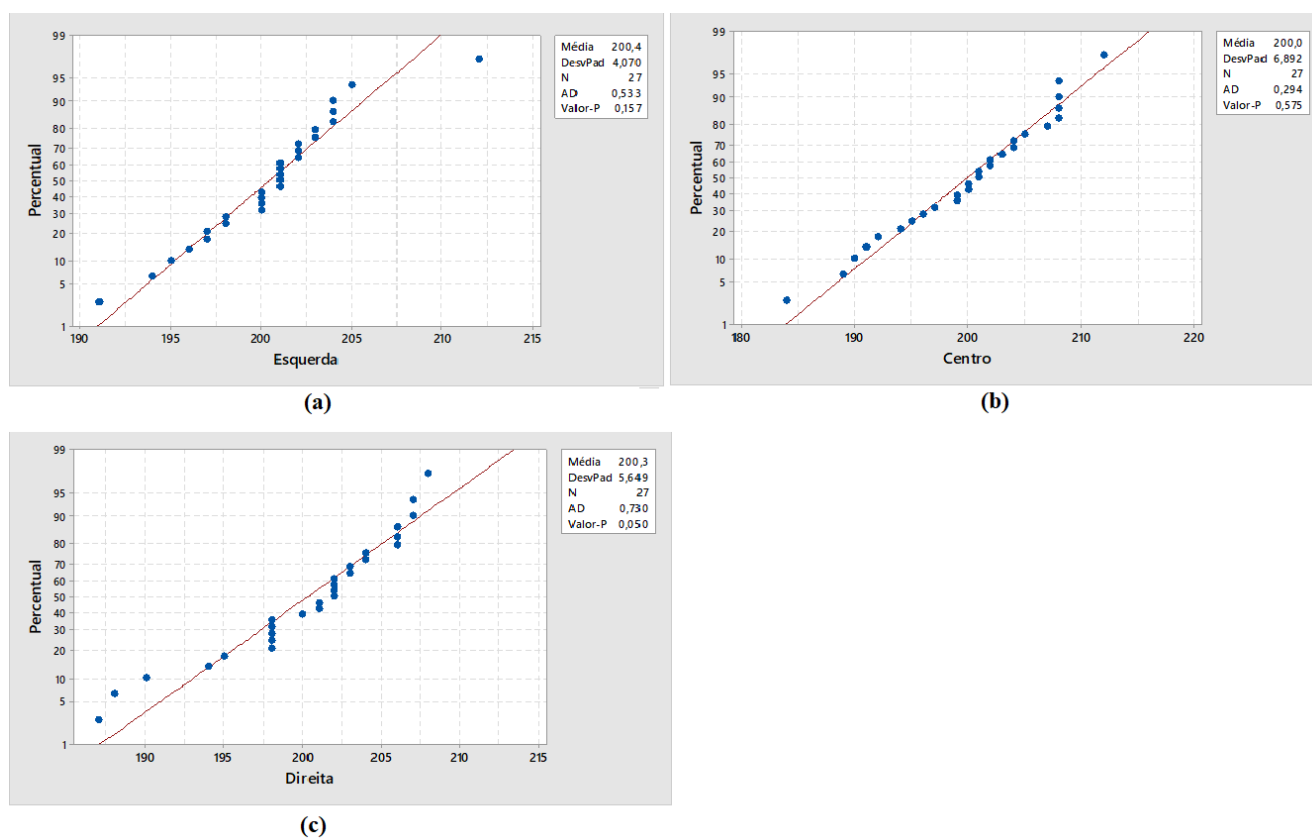


Figura IL.20 – Teste de Normalidade para as características IE (a), IC (b) e ID (c)

Tabela IL.31 - Dados obtidos do teste de normalidade para as três características do produto I

Produto I	IE	IC	ID
N	27	27	27
AD	0,533	0,294	0,730
Valor de P	0,157	0,575	0,050

g. Capacidade do Processo

i. Produto B

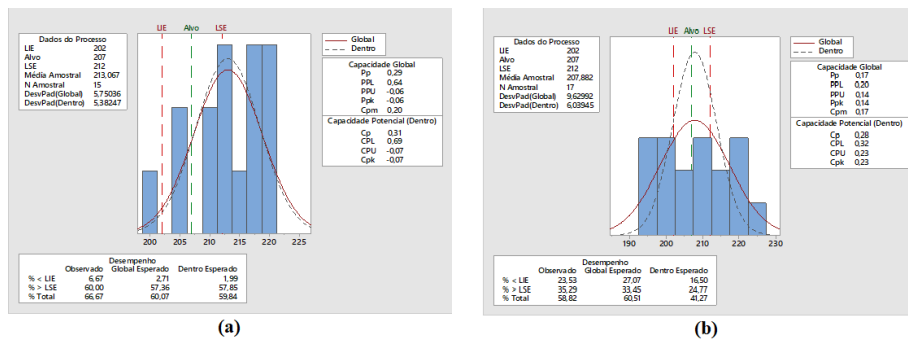


Figura II.21 - Relatórios de capacidade para as características BE (a), BC (b) e BD (c)

ii. Produto D

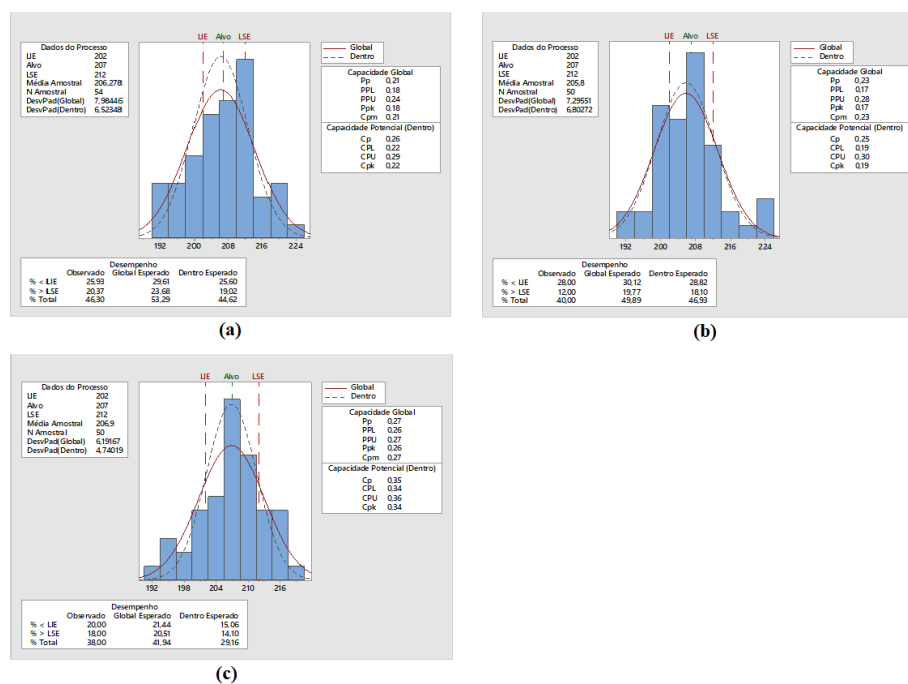


Figura II.22 - Relatórios de capacidade para as características DE (a), DC (b) e DD (c)

iii. Produto F

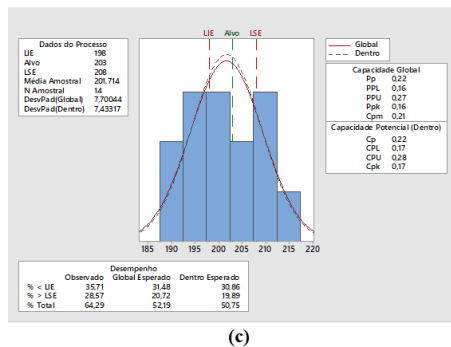
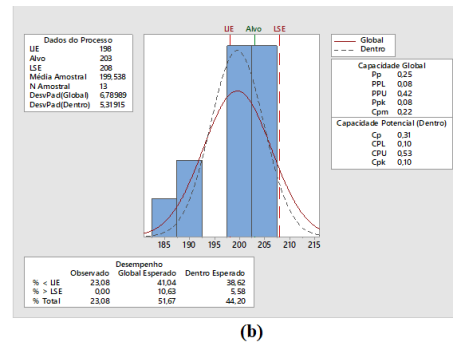
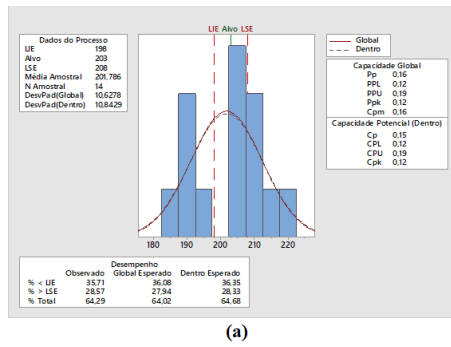


Figura II.23 - Relatórios de capacidade para as características FE (a), FC (b) e FD (c)

iv. Produto H

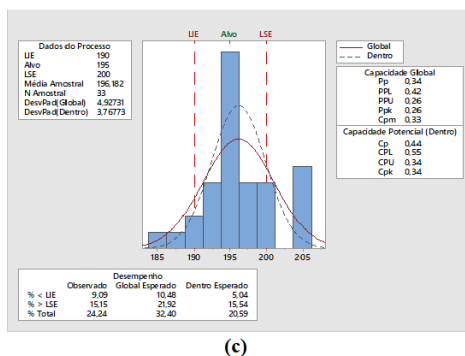
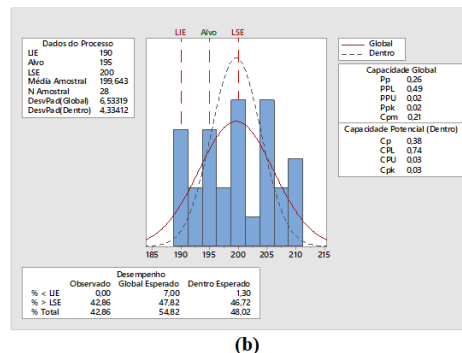
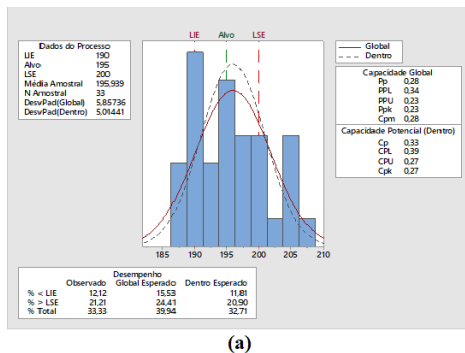
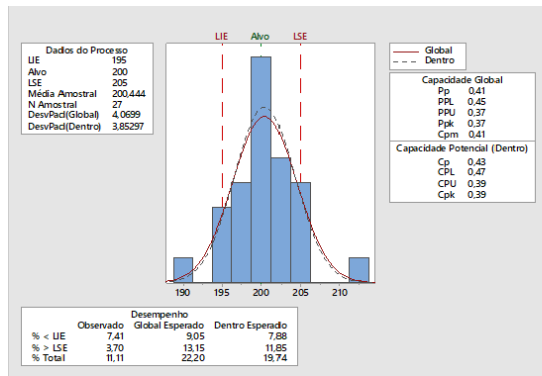
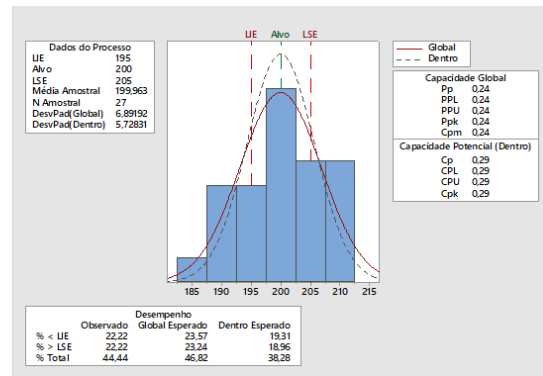


Figura II.24 - Relatórios de capacidade para as características HE (a), HC (b) e HD (c)

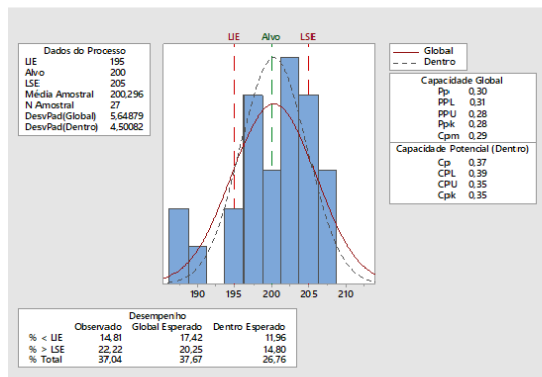
v. Produto I



(a)



(b)



(c)

Figura II.25 - Relatórios de capacidade para as características IE (a), IC (b) e ID (c)

III. Anexo III

- Dados médios do peso das “bolachas” para os produtos A, B, D e I
- Testes de Hipóteses das médias (ANOVA) e respetivos gráficos de intervalos
- Viscosidades

h. Dados Recolhidos

i. Produto A

Tabela III.1 – Dados recolhidos do produto A de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição

			Esquerda				Centro				Direita			
Produto	Data	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dan Cake Avelã	7/jun	09:00	8,98	8,35	8,14	7,84	8,44	7,88	7,73	7,70	8,24	8,19	7,95	7,86
Dan Cake Avelã	7/jun	09:30	9,19	8,55	8,59	8,08	8,29	7,94	8,26	7,90	8,19	8,52	8,18	8,26
Dan Cake Avelã	7/jun	10:00	9,42	9,01	9,01	8,90	9,17	9,08	9,23	9,02	9,40	9,25	8,18	6,70
Dan Cake Avelã	7/jun	10:30	8,75	8,23	8,15	8,37	8,54	8,34	8,61	8,61	8,53	8,71	8,38	7,79
Dan Cake Avelã	7/jun	11:00	9,13	8,88	9,12	8,93	9,06	8,85	8,98	8,99	8,90	9,32	8,58	7,88
Dan Cake Avelã	7/jun	12:30	8,20	8,47	8,85	9,09	8,73	8,98	8,98	8,58	8,83	9,17	8,38	7,19
Dan Cake Morango	17/jul	11:27	8,25	8,18	8,01	9,45	8,29	8,21	7,51	7,93	8,20	8,28	7,50	7,61
Dan Cake avelã	17/jul	14:20	8,94	8,67	9,03	8,56	8,54	8,42	8,35	8,23	8,65	9,22	8,77	8,46
Dan Cake avelã	17/jul	14:50	8,98	8,77	8,80	8,57	8,73	8,38	8,69	8,25	8,39	8,86	8,34	8,08
Dan Cake Morango	1/ago	09:56	8,27	8,16	8,26	7,37	9,00	7,60	7,56	7,63	8,46	7,90	8,31	8,23
Dan Cake Morango	1/ago	10:25	9,14	8,69	8,85	8,59	8,53	8,99	9,08	9,00	8,74	8,88	8,37	8,22
Dan Cake Morango	1/ago	11:15	8,47	8,20	8,87	8,42	8,62	8,69	9,25	8,89	8,75	9,06	8,24	8,03
Dan Cake Morango	25/ago	09:15	9,58	9,58	8,96	8,45	8,47	8,28	8,11	8,04	8,91	9,10	9,22	9,00
Dan Cake Morango	25/ago	11:10	8,97	9,06	8,41	8,18	8,30	8,18	8,45	7,91	7,92	8,67	8,79	8,70
Dan Cake Morango	25/ago	11:40	9,08	8,69	8,17	8,12	8,16	8,30	8,13	8,03	8,19	8,53	8,63	8,68
Dan Cake Morango	25/ago	14:47	7,25	7,50	7,54	8,29	7,87	7,70	7,63	7,87	7,48	7,94	8,24	7,87

ii. Produto B

Tabela III.2 - Dados recolhidos do produto B de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição

			Esquerda				Centro				Direita			
Produto	Dia	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dan Cake Baunilha	26/jun	09:12	8,97	8,69	8,16	7,84	7,98	8,18	8,30	8,49	8,97	8,69	8,16	7,84
Dan Cake Baunilha	26/jun	09:27	8,66	7,74	8,08	7,76	7,61	8,04	7,48	8,22	8,66	7,74	8,08	7,76
Dan Cake Baunilha	26/jun	09:38	8,87	8,85	8,73	7,96	7,92	8,88	8,45	8,70	8,87	8,85	8,73	7,96
Dan Cake Baunilha	26/jun	10:13	8,77	8,88	8,00	7,94	8,44	8,62	8,62	8,60	8,77	8,88	8,00	7,94
Dan Cake Baunilha	26/jun	10:46	8,26	8,00	7,80	7,94	8,91	8,57	8,31	8,65	8,26	8,00	7,80	7,94
Dan Cake Baunilha	26/jun	11:28	9,63	8,91	8,75	8,53	8,80	8,93	8,52	8,59	9,63	8,91	8,75	8,53
Dan Cake Frutos Silvestres	1/ago	13:47	8,41	8,25	8,17	8,10	9,34	9,46	8,37	7,79	8,41	8,25	8,17	8,10
Dan Cake Frutos Silvestres	1/ago	15:10	8,49	7,60	7,62	7,85	8,87	8,66	7,85	7,95	8,49	7,60	7,62	7,85

iii. Produto D

Tabela III.3 - Dados recolhidos do produto D de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição

			Esquerda				Centro				Direita			
Produto	Dia	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Marca própria 1 – recheio de morango	8/jun	09:00	8,07	7,47	8,48	8,98	9,39	8,79	8,97	8,29	8,58	8,98	8,63	8,50
Marca própria 1 – recheio de morango	8/jun	09:25	8,69	8,14	8,33	8,18	8,28	7,95	8,00	8,00	8,46	8,38	7,90	7,82
Marca própria 1 – recheio de morango	8/jun	09:50	8,13	8,36	8,47	8,48	8,57	8,44	8,71	8,26	8,44	8,87	8,47	8,40
Marca própria 1 – recheio de morango	8/jun	10:30	8,47	8,29	8,48	8,54	8,76	8,62	8,50	8,20	8,51	8,88	8,24	8,21
Marca própria 1 – recheio de morango	8/jun	11:15	8,76	8,58	8,53	8,63	8,42	8,25	8,20	8,25	8,58	8,48	8,30	8,10
Marca própria 1 – recheio de morango	8/jun	12:05	8,64	8,47	8,55	8,49	8,45	8,04	8,17	7,81	8,39	8,67	8,04	8,58
Marca própria 1 – recheio de morango	27/jun	08:45	8,01	8,14	8,42	8,29	8,27	7,94	7,83	7,45	8,22	8,05	7,55	7,89
Marca própria 1 – recheio de morango	27/jun	10:42	7,83	8,06	7,76	7,52	7,86	7,29	7,95	7,35	7,74	8,47	7,63	7,82
Marca própria 1 – recheio de morango	27/jun	11:44	7,75	7,60	8,13	8,17	8,41	7,99	8,39	7,81	8,36	7,96	7,78	7,92
Marca própria 1 – recheio de morango	27/jun	13:55	7,17	7,42	7,86	7,64	7,79	7,82	7,93	7,18	7,67	7,78	7,59	7,82
Marca própria 1 – recheio de morango	27/jun	14:15	7,79	7,90	8,04	8,12	7,93	7,54	7,55	7,23	7,70	7,69	7,62	7,91
Marca própria 1 – recheio de morango	16/ago	13:55	9,63	9,77	9,16	8,42	8,20	8,05	8,74	8,06	8,48	8,75	8,25	7,71
Marca própria 1 – recheio de morango	16/ago	14:30	8,37	8,77	8,98	9,01	9,17	9,01	9,00	8,80	9,16	9,26	8,40	7,94
Marca própria 1 – recheio de morango	16/ago	15:25	8,24	8,12	8,73	8,45	9,30	9,09	9,27	8,77	8,86	8,88	8,22	7,52
Marca própria 1 – recheio de morango	24/ago	09:00	8,17	8,24	8,10	7,60	7,48	7,76	7,91	7,37	7,84	8,16	8,19	7,68
Marca própria 1 – recheio de morango	24/ago	10:20	8,76	8,59	8,59	8,05	7,90	7,70	7,70	7,82	7,81	8,29	8,43	8,10
Marca própria 1 – recheio de morango	24/ago	10:40	8,15	8,48	8,80	8,42	8,34	8,29	8,42	8,24	8,41	8,73	8,13	6,92
Marca própria 1 – recheio de morango	24/ago	14:13	8,47	9,05	8,94	9,04	8,89	8,88	8,95	8,56	8,80	8,83	8,52	8,35
Marca própria 1 – recheio de morango	24/ago	14:25	8,69	8,74	8,55	9,00	8,82	8,77	9,19	8,94	9,04	8,99	8,39	8,32
Marca própria 1 – recheio de morango	24/ago	15:40	7,58	7,95	7,92	8,43	8,16	8,17	8,38	8,13	8,39	8,40	7,89	7,53

iv. Produto I

Tabela III.4 - Dados recolhidos do produto I de amostras de “bolachas” nas tortas para cada posição

			Esquerda				Centro				Direita			
Produto	Dia	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Marca própria 1 - cacau	8/jun	14:15	7,86	7,93	8,04	8,42	8,41	8,47	8,96	8,37	8,22	8,36	7,88	7,61
Marca própria 1 - cacau	8/jun	14:55	7,82	7,94	8,13	8,24	7,88	8,13	8,39	8,30	8,24	8,16	7,46	7,77
Marca própria 1 - cacau	8/jun	15:20	7,90	8,01	8,30	8,67	8,84	8,86	9,52	8,84	8,71	8,63	7,78	7,84
Marca própria 1 - cacau	8/jun	16:30	8,02	8,05	8,44	8,78	8,47	8,57	8,84	8,45	8,69	8,68	8,07	8,35
Marca própria 1 - cacau	18/ago	09:45	8,39	8,26	8,04	7,92	7,80	7,71	8,03	7,50	7,57	8,11	8,14	8,00
Marca própria 1 - cacau	18/ago	11:00	8,78	9,07	9,02	8,60	8,54	8,43	8,22	8,02	7,92	8,77	8,80	8,65
Marca própria 1 - cacau	18/ago	11:20	8,62	8,50	8,49	8,33	8,35	8,19	8,27	7,63	7,95	8,35	8,20	8,19
Marca própria 1 - cacau	21/ago	09:45	8,07	8,02	7,72	7,41	7,70	7,97	8,46	7,67	7,73	7,73	7,93	7,88
Marca própria 1 - cacau	21/ago	12:30	8,81	8,53	8,28	8,19	8,11	8,50	8,80	8,12	8,07	8,48	8,45	8,32
Marca própria 1 - cacau	21/ago	15:45	9,11	8,92	8,92	8,58	8,67	8,50	8,81	8,42	8,25	8,72	8,91	8,91

i. Testes de Hipóteses

i. Produto A

ANOVA com um fator: 12 posições

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	12	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	11	6,925	0,6296	2,65	0,004
Erro	180	42,695	0,2372		
Total	191	49,620			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,487024	13,96%	8,70%	2,10%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	16	8,787	0,578	(8,547; 9,028)
2	16	8,564	0,477	(8,323; 8,804)
3	16	8,547	0,461	(8,307; 8,788)
4	16	8,450	0,501	(8,210; 8,690)
5	16	8,5463	0,3410	(8,3060; 8,7865)
6	16	8,365	0,456	(8,125; 8,605)
7	16	8,409	0,600	(8,168; 8,649)
8	16	8,286	0,489	(8,045; 8,526)
9	16	8,487	0,457	(8,247; 8,727)
10	16	8,725	0,464	(8,484; 8,965)
11	16	8,3781	0,3834	(8,1379; 8,6184)
12	16	8,035	0,572	(7,795; 8,275)

DesvPad Combinado = 0,487024

ANOVA com um fator: Esquerda

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	1; 2; 3; 4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,9766	0,3255	1,27	0,293
Erro	60	15,3814	0,2564		
Total	63	16,3581			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,506317	5,97%	1,27%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	16	8,787	0,578	(8,534; 9,041)
2	16	8,564	0,477	(8,310; 8,817)
3	16	8,547	0,461	(8,294; 8,800)
4	16	8,450	0,501	(8,197; 8,703)

DesvPad Combinado = 0,506317

ANOVA com um fator: Centro

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	5; 6; 7; 8

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,5725	0,1908	0,83	0,484
Erro	60	13,8534	0,2309		
Total	63	14,4258			

Sumário do Modelo

	S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,480510	3,97%	0,00%	0,00%	

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
5	16	8,5463	0,3410	(8,3060; 8,7865)
6	16	8,365	0,456	(8,125; 8,605)
7	16	8,409	0,600	(8,168; 8,649)
8	16	8,286	0,489	(8,045; 8,526)

DesvPad Combinado = 0,480510

ANOVA com um fator: Direito

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
 Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
 Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	3,941	1,3138	5,86	0,001
Erro	60	13,460	0,2243		
Total	63	17,401			

Sumário do Modelo

	S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,473635	22,65%	18,78%	11,99%	

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
9	16	8,487	0,457	(8,250; 8,724)
10	16	8,725	0,464	(8,488; 8,961)
11	16	8,3781	0,3834	(8,1413; 8,6150)
12	16	8,035	0,572	(7,798; 8,272)

DesvPad Combinado = 0,473635

ii. Produto B

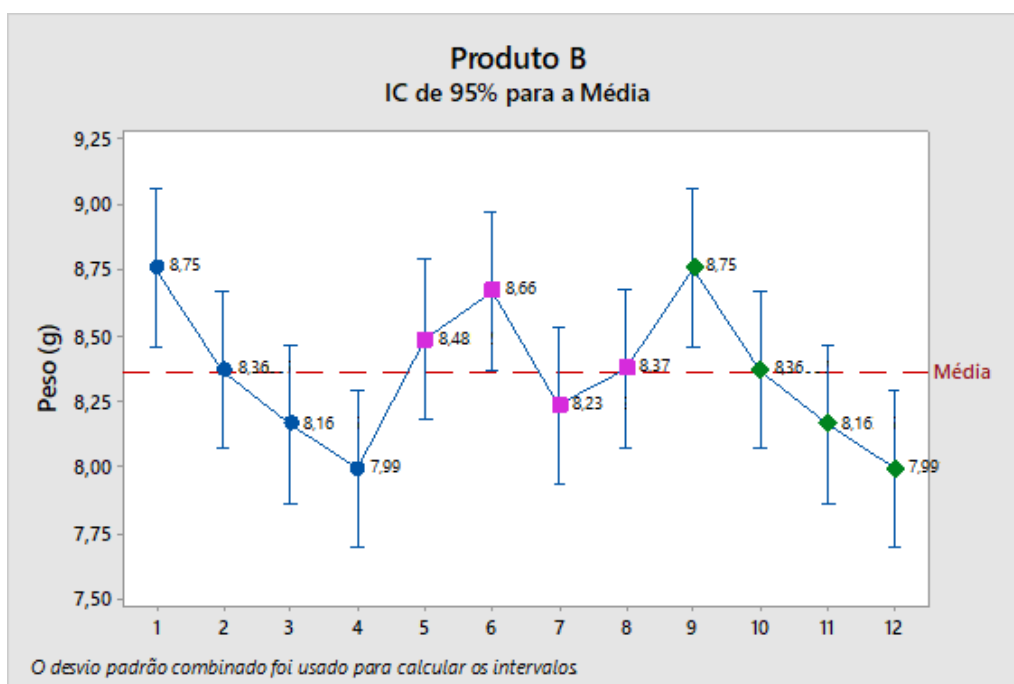


Figura III.1 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições do produto B

ANOVA com um fator: 12 posições

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
 Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
 Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator Níveis Valores
 Fator 12 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	11	6,329	0,5754	3,14	0,001
Erro	84	15,404	0,1834		
Total	95	21,733			

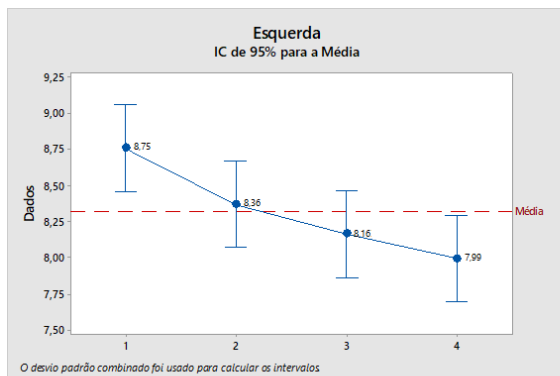
Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,428229	29,12%	19,84%	7,43%

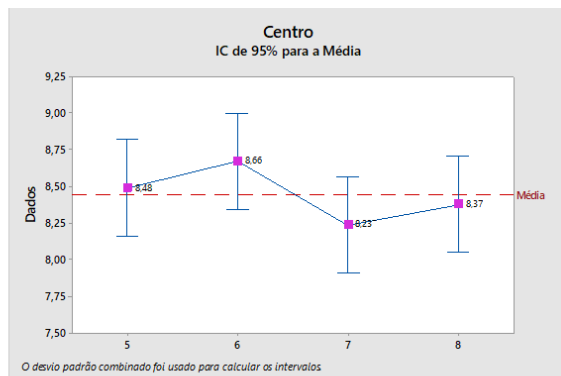
Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	8	8,757	0,426	(8,456; 9,058)
2	8	8,367	0,536	(8,066; 8,668)
3	8	8,164	0,403	(7,863; 8,465)
4	8	7,9913	0,2408	(7,6902; 8,2923)
5	8	8,485	0,598	(8,184; 8,786)
6	8	8,669	0,444	(8,368; 8,970)
7	8	8,235	0,383	(7,934; 8,536)
8	8	8,373	0,347	(8,072; 8,674)
9	8	8,757	0,426	(8,456; 9,058)
10	8	8,367	0,536	(8,066; 8,668)
11	8	8,164	0,403	(7,863; 8,465)
12	8	7,9913	0,2408	(7,6902; 8,2923)

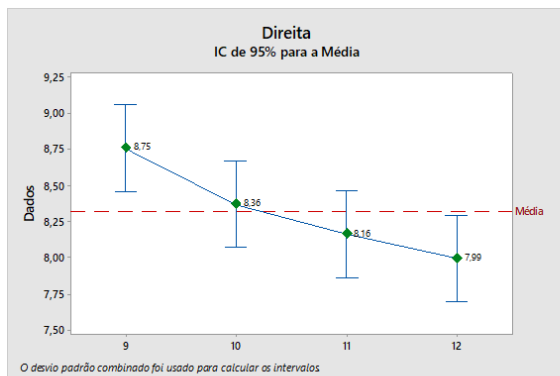
DesvPad Combinado = 0,428229



(a)



(b)



(c)

Figura III.2 - Gráficos de intervalos para os lados esquerdo (a), centro (b) e direito (c) da massa com 4 amostras do produto B

ANOVA com um fator: Esquerda

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	1; 2; 3; 4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	2,606	0,8686	5,04	0,006
Erro	28	4,826	0,1724		
Total	31	7,432			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,415162	35,06%	28,10%	15,18%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	8	8,757	0,426	(8,456; 9,058)
2	8	8,367	0,536	(8,066; 8,667)
3	8	8,164	0,403	(7,863; 8,464)
4	8	7,9913	0,2408	(7,6906; 8,2919)

DesvPad Combinado = 0,415162

ANOVA com um fator: Centro

Método

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	No mínimo uma média é diferente
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	5; 6; 7; 8

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,8059	0,2686	1,31	0,291
Erro	28	5,7518	0,2054		
Total	31	6,5577			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,453234	12,29%	2,89%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
5	8	8,485	0,598	(8,157; 8,814)
6	8	8,669	0,444	(8,341; 8,997)
7	8	8,235	0,383	(7,907; 8,564)
8	8	8,373	0,347	(8,045; 8,701)

DesvPad Combinado = 0,453234

ANOVA com um fator: Direita

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
 Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
 Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	2,606	0,8686	5,04	0,006
Erro	28	4,826	0,1724		
Total	31	7,432			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,415162	35,06%	28,10%	15,18%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
9	8	8,757	0,426	(8,456; 9,058)
10	8	8,367	0,536	(8,066; 8,667)
11	8	8,164	0,403	(7,863; 8,464)
12	8	7,9913	0,2408	(7,6906; 8,2919)

DesvPad Combinado = 0,415162

iii. Produto D

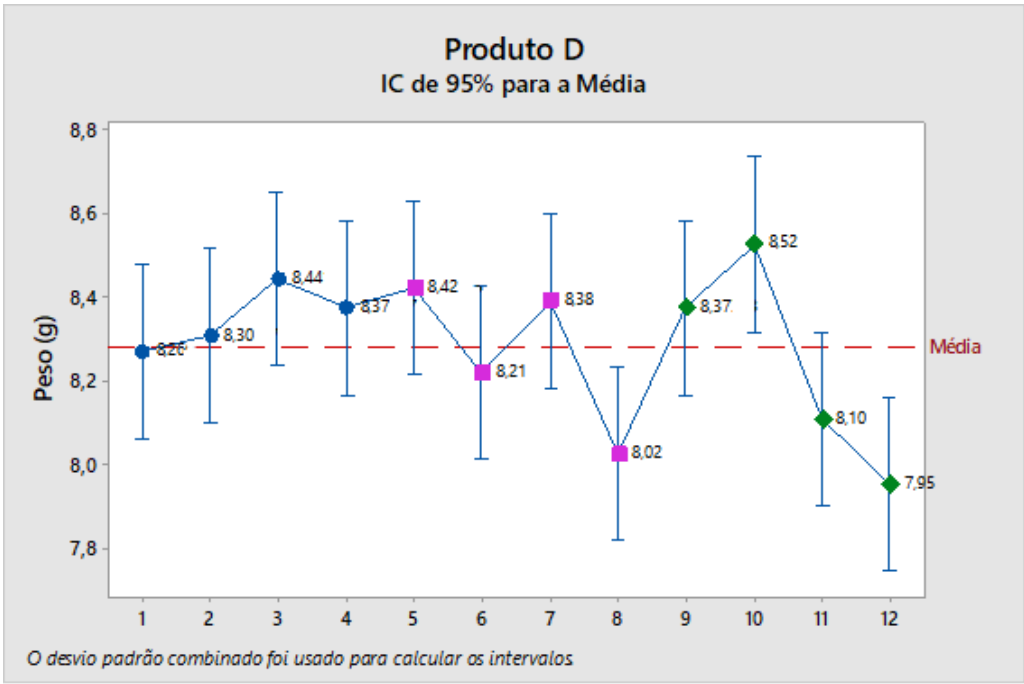


Figura III.3 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições do produto D

ANOVA com um fator: 12 posições

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator Níveis Valores
Fator 12 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	11	6,815	0,6196	2,80	0,002
Erro	228	50,397	0,2210		
Total	239	57,213			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,470150	11,91%	7,66%	2,40%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	20	8,269	0,536	(8,062; 8,476)
2	20	8,307	0,551	(8,100; 8,514)
3	20	8,4410	0,3828	(8,2339; 8,6481)
4	20	8,373	0,451	(8,166; 8,580)
5	20	8,420	0,516	(8,213; 8,627)
6	20	8,219	0,508	(8,012; 8,426)
7	20	8,389	0,515	(8,182; 8,597)
8	20	8,025	0,525	(7,818; 8,232)
9	20	8,3733	0,4358	(8,1662; 8,5805)
10	20	8,5242	0,4338	(8,3170; 8,7313)
11	20	8,1090	0,3393	(7,9019; 8,3161)
12	20	7,9522	0,3921	(7,7450; 8,1593)

DesvPad Combinado = 0,470150

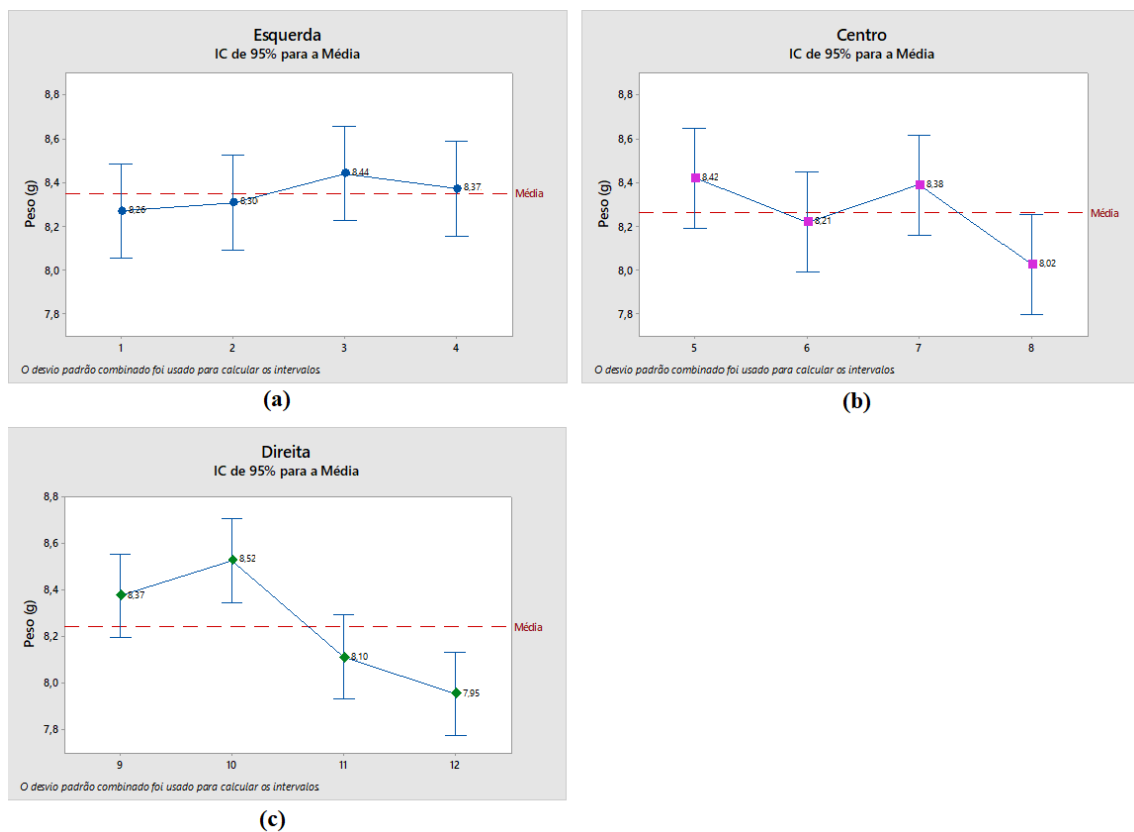


Figura III.4 - Gráficos de intervalos para os lados esquerdo (a), centro (b) e direito (c) da massa com 4 amostras do produto D

ANOVA com um fator: Esquerda

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator Níveis Valores
Fator 4 1; 2; 3; 4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,3446	0,1149	0,49	0,691
Erro	76	17,8551	0,2349		
Total	79	18,1997			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,484702	1,89%	0,00%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	20	8,269	0,536	(8,053; 8,485)
2	20	8,307	0,551	(8,091; 8,523)
3	20	8,4410	0,3828	(8,2251; 8,6569)
4	20	8,373	0,451	(8,157; 8,589)

DesvPad Combinado = 0,484702

ANOVA com um fator: Centro

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator Níveis Valores
Fator 4 5; 6; 7; 8

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	1,987	0,6622	2,49	0,067
Erro	76	20,249	0,2664		
Total	79	22,236			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,516174	8,93%	5,34%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
-------	---	-------	---------	-----------

5	20	8,420	0,516	(8,190; 8,650)
6	20	8,219	0,508	(7,989; 8,449)
7	20	8,389	0,515	(8,160; 8,619)
8	20	8,025	0,525	(7,795; 8,255)

DesvPad Combinado = 0,516174

ANOVA com um fator: Direita

Método

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	No mínimo uma média é diferente
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	3,971	1,3236	8,18	0,000
Erro	76	12,293	0,1618		
Total	79	16,264			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,402185	24,41%	21,43%	16,25%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
9	20	8,3733	0,4358	(8,1942; 8,5524)
10	20	8,5242	0,4338	(8,3451; 8,7033)
11	20	8,1090	0,3393	(7,9299; 8,2881)
12	20	7,9522	0,3921	(7,7731; 8,1313)

DesvPad Combinado = 0,402185

iv. Produto I

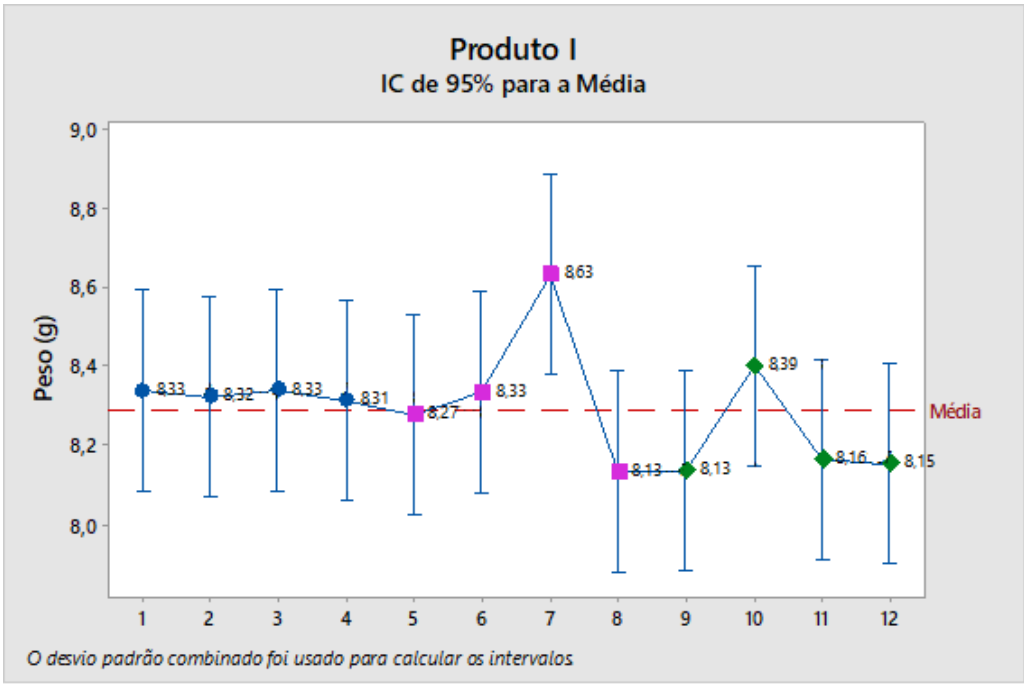


Figura III.5 - Média da massa em cada pesagem das 12 posições do produto I

ANOVA com um fator: 12 posições

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator Níveis Valores
Fator 12 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	11	2,208	0,2007	1,22	0,281
Erro	108	17,726	0,1641		
Total	119	19,933			

Sumário do Modelo

S	R2	R2 (aj)	R2 (pred)
0,405124	11,08%	2,02%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	10	8,337	0,466	(8,083; 8,591)
2	10	8,322	0,416	(8,068; 8,576)
3	10	8,339	0,401	(8,085; 8,593)
4	10	8,313	0,408	(8,059; 8,567)
5	10	8,277	0,386	(8,023; 8,531)
6	10	8,334	0,333	(8,080; 8,588)
7	10	8,631	0,441	(8,377; 8,885)
8	10	8,132	0,427	(7,878; 8,386)
9	10	8,134	0,370	(7,880; 8,388)
10	10	8,399	0,327	(8,145; 8,653)
11	10	8,162	0,450	(7,908; 8,416)
12	10	8,152	0,411	(7,898; 8,406)

DesvPad Combinado = 0,405124

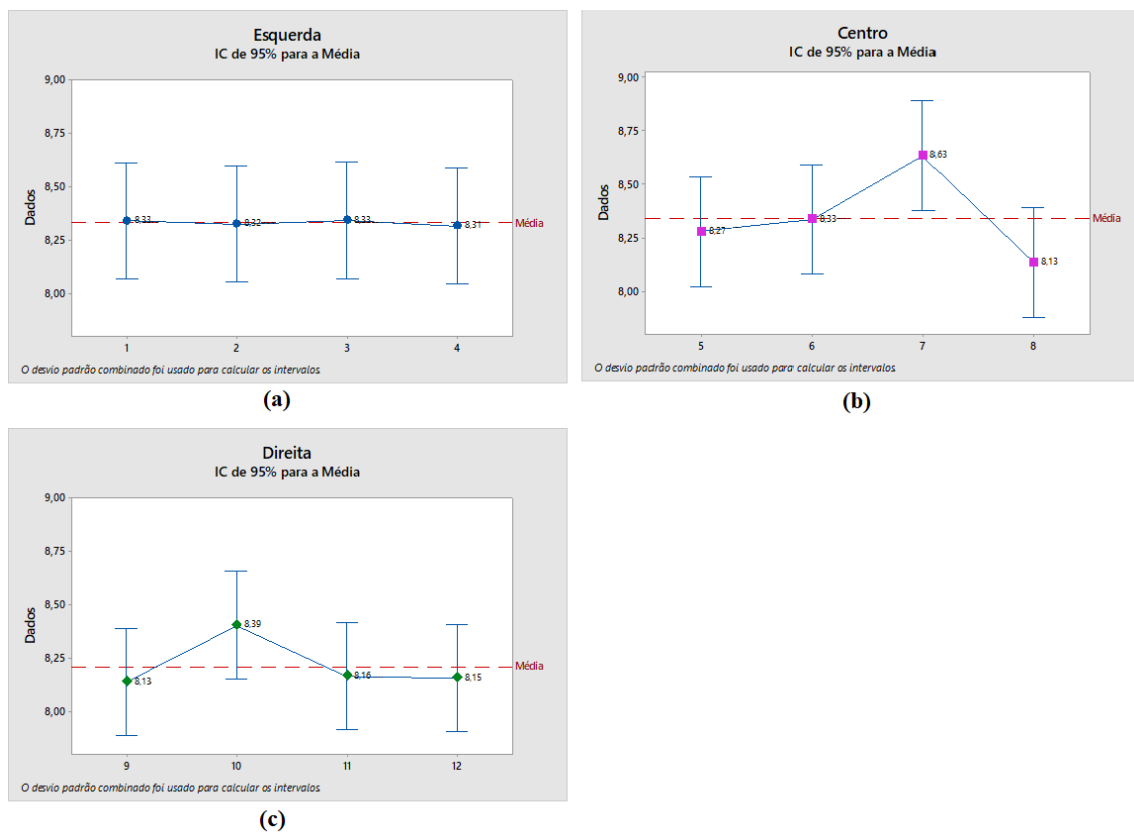


Figura III.6 - Gráficos de intervalos para os lados esquerdo (a), centro (b) e direito (c) da massa com 4 amostras do produto I

ANOVA com um fator: Esquerda

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	1; 2; 3; 4

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,00448	0,001494	0,01	0,999
Erro	36	6,45089	0,179191		
Total	39	6,45537			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,423310	0,07%	0,00%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
1	10	8,337	0,466	(8,066; 8,609)
2	10	8,322	0,416	(8,051; 8,594)
3	10	8,339	0,401	(8,067; 8,610)
4	10	8,313	0,408	(8,042; 8,585)

DesvPad Combinado = 0,423310

ANOVA com um fator: Centro

Método

Hipótese nula	Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa	No mínimo uma média é diferente
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	5; 6; 7; 8

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	1,318	0,4394	2,76	0,056
Erro	36	5,731	0,1592		
Total	39	7,049			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,399001	18,70%	11,92%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
5	10	8,277	0,386	(8,021; 8,533)
6	10	8,334	0,333	(8,078; 8,590)
7	10	8,631	0,441	(8,375; 8,887)
8	10	8,132	0,427	(7,876; 8,388)

DesvPad Combinado = 0,399001

ANOVA com um fator: Direita

Método

Hipótese nula Todas as médias são iguais
Hipótese alternativa No mínimo uma média é diferente
Nível de significância $\alpha = 0,05$

Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise

Informações dos Fatores

Fator	Níveis	Valores
Fator	4	9; 10; 11; 12

Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	0,4722	0,1574	1,02	0,394
Erro	36	5,5434	0,1540		
Total	39	6,0156			

Sumário do Modelo

S	R2	R2(aj)	R2(pred)
0,392407	7,85%	0,17%	0,00%

Médias

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
9	10	8,134	0,370	(7,883; 8,386)
10	10	8,399	0,327	(8,148; 8,651)
11	10	8,162	0,450	(7,910; 8,413)
12	10	8,152	0,411	(7,901; 8,404)

DesvPad Combinado = 0,392407

j. Viscosidade – tempo de escoamento

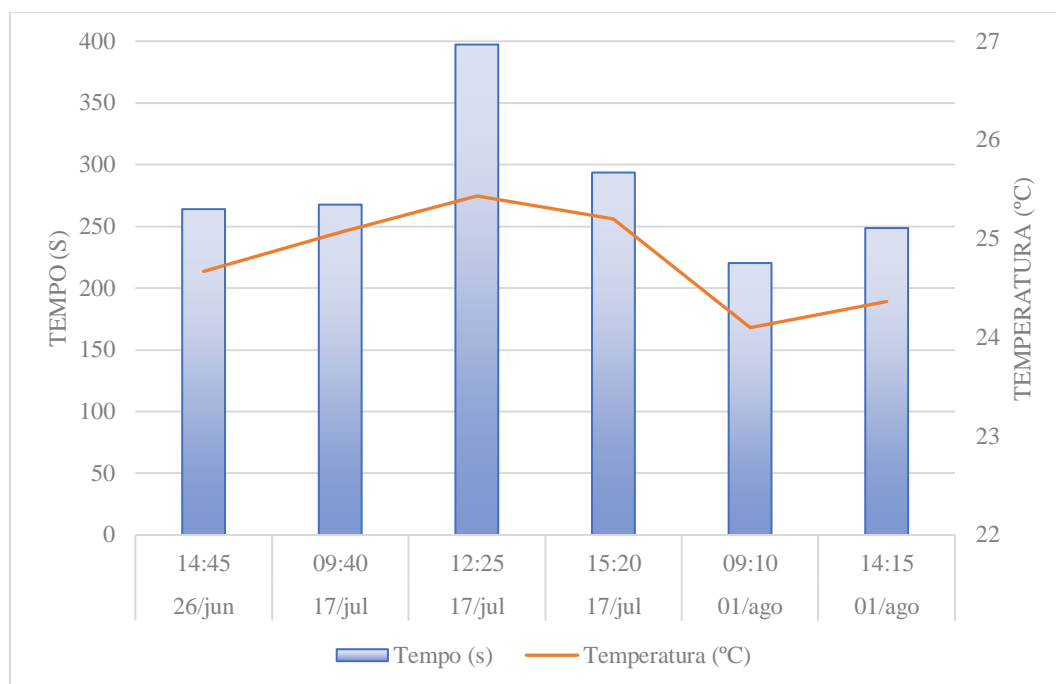


Figura III.7 – Tempo de escoamento da massa de baunilha da *Dan Cake* e a respetiva temperatura

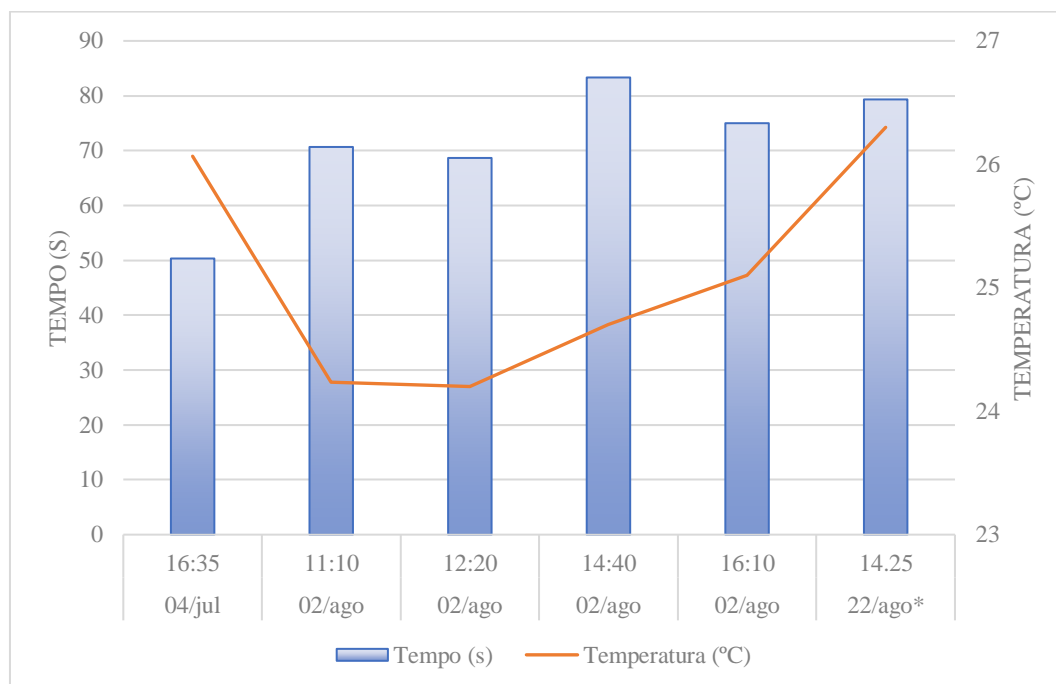


Figura III.8 - Tempo de escoamento da massa de cacau da *Dan Cake* e a respetiva temperatura

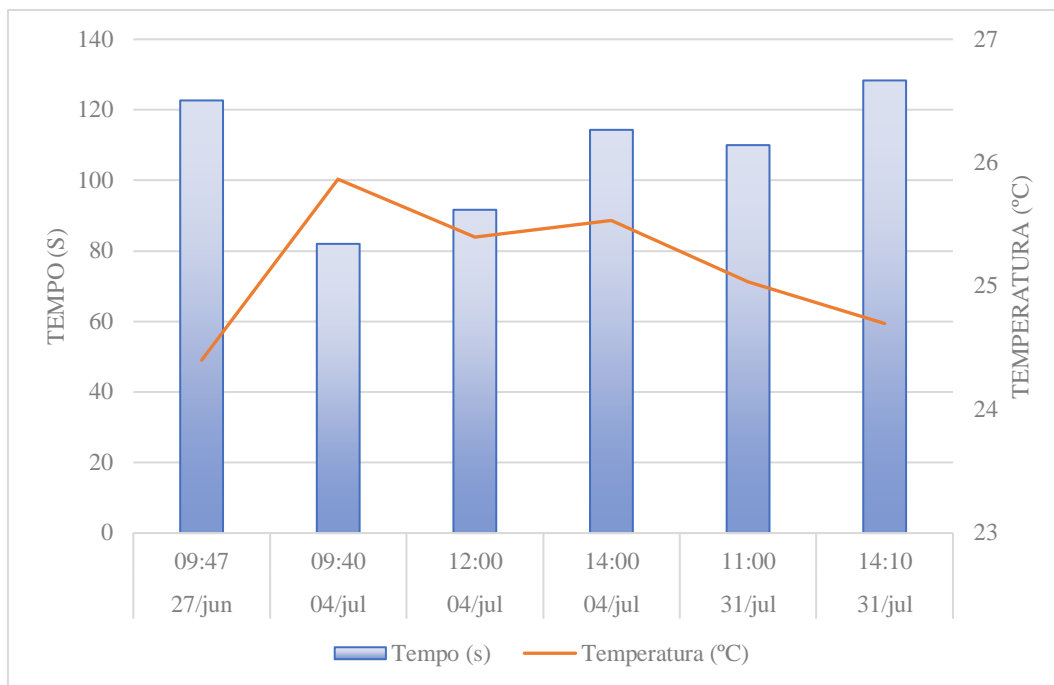


Figura III.9 - Tempo de escoamento da massa de baunilha marca própria e a respetiva temperatura

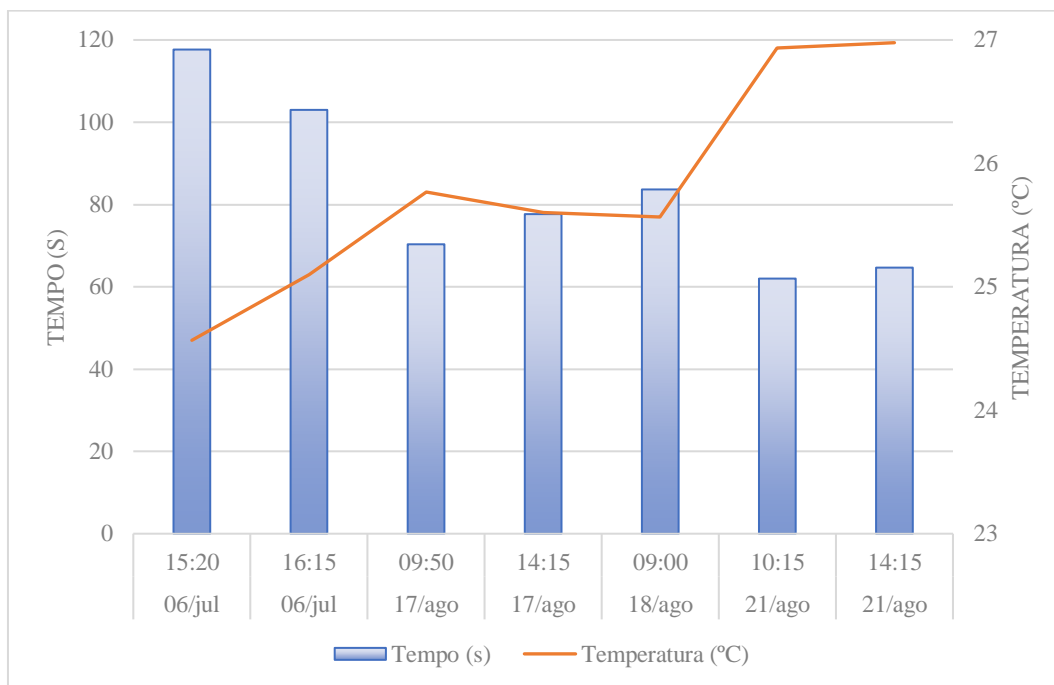


Figura III.10 - Tempo de escoamento da massa de cacau marca própria e a respetiva temperatura